

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**

**MICHAEL JONATHAN FERNANDES ALVES**

**ADUBAÇÃO DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO EM SOCA DE CANA-  
DE-AÇÚCAR, NA PRESENÇA E AUSÊNCIA DE PALHA, NA REGIÃO  
NOROESTE, DO ESTADO DO PARANÁ**

**CURITIBA**

**2016**

**MICHAEL JONATHAN FERNANDES ALVES**

**ADUBAÇÃO DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO EM SOCA DE CANA-  
DE-AÇÚCAR, NA PRESENÇA E AUSÊNCIA DE PALHA, NA REGIÃO  
NOROESTE, DO ESTADO DO PARANÁ**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Orientador: Prof. Titular. Edelclaiton Daros

Co-orientador: Dr. Heroldo Weber

Co-orientador: Prof. Dr. Bruno Portela Brasileiro

**CURITIBA**

**2016**

A474 Alves, Michael Jonathan Fernandes

Adubação de nitrogênio e potássio em soca de cana-de-açúcar, na presença e ausência de palha, na região noroeste, do estado do Paraná. Michael Jonathan Fernandes Alves. / Curitiba: 2016.  
76 f. il.

Orientador: Edelclaiton Daros

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná.

Setor de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

1. Cana-de-açúcar – Adubação - Paraná. 2. Solos – Fertilidade. 3. Palha - Utilização. I. Daros, Edelclaiton. II. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDU 631.8:633.61(816.2)



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
AGRONOMIA - PRODUÇÃO VEGETAL




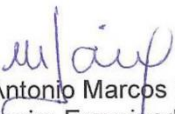
## PARECER


Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, reuniram-se para realizar a arguição da Tese de DOUTORADO, apresentada pelo candidato **MICHAEL JONATHAN FERNANDES ALVES**, sob o título **“ADUBAÇÃO DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO EM SOCA DE CANA-DE-AÇÚCAR, NA PRESENÇA E AUSÊNCIA DE PALHA, NA REGIÃO NOROESTE, DO ESTADO DO PARANÁ”**, para obtenção do grau de Doutor em Ciências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

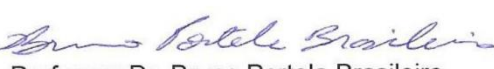
Após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato são de parecer pela **"APROVAÇÃO"** da Tese.

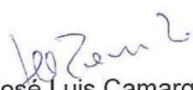
Curitiba, 19 de Outubro de 2016.


  
Professor Dr. Cicero Deschamps  
Coordenador do Programa

  
Dr. Antonio Marcos Iaia  
Primeiro Examinador

  
Dr. Luis Claudio Inacio da Silveira  
Segundo Examinador

  
Professor Dr. Bruno Portela Brasileiro  
Terceiro Examinador

  
Professor Dr. José Luis Camargo Zambon  
Quarto Examinador

  
Professor Dr. Edelclaiton Daros  
Presidente da Banca e Orientador

Ainda que eu ande pelo vale da sombra da morte, não temerei mal algum, porque tu estás comigo; a tua vara e o teu cajado me consolam.

**Salmos 23:4**

À Deus, e Seu Filho Jesus, que têm me levado aos lugares que sempre sonhei  
chegar e jamais me abandonou.

Aos meus pais, Francisco Alves Ferreira e Sandra Aparecida Fernandes, maiores  
incentivadores da minha caminhada, pelo carinho, compreensão, educação,  
incentivo e apoio. A meu irmão Steve Jasson Fernandes Alves, que compartilha os  
mesmos gostos profissionais, e sempre me incentiva e apoia.

A meus Avôs Remi Fernandes David e Alcina Florinda Fernandes David, que me  
inspiram desde a infância a caminhar pela área agrícola e que sempre sentiram  
muito a minha ausência durante todos os anos de pós graduação, sou muito grato a  
Deus por ter vocês.

**DEDICO.**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, Jesus Cristo, pela oportunidade aberta, sustento nas horas difíceis, dando força, inteligência e capacidade quando não havia de onde tirar.

Ao meu orientador, Prof. Titular Edelclaiton Daros, pela amizade, oportunidade única, orientação, ensinamentos, confiança, paciência e fundamental colaboração para o término desta tese, até então não havia conhecido uma pessoa como esta, com um coração enorme, o mais interessante e que as outras pessoas que estão próximas a ele passam a ser diferentes das demais, eu tive o privilégio de ser seu aprendiz.

Ao meu Co-orientador, Dr. Heroldo Weber, pela amizade, orientação, valorosas contribuições no campo e também na conclusão da tese, tenho muito a agradecer a este homem valoroso e brilhante, sou muito grato aos seus ensinamentos e nossa grande amizade.

Ao meu Co-orientador, Prof. Dr. Bruno Portela Brasileiro, pela amizade, orientação, entusiasmo e animo para conclusão da tese, compreensão e enorme coração.

Aos professores do Programa, principalmente ao Prof. Dr. João Carlos Bessalho Filho, Prof. Dr. Ricardo Augusto de Oliveira, Prof. Dr. José Luís Camargo Zambon, Prof. Dr. Oswaldo Teruyo Ido, pelo conhecimento repassado, exemplos de profissionais e pessoa, sempre prestativos com palavras de incentivo e disposição para ajudar.

Aos funcionários do Departamento de fitotecnia, à Engenheira Agrônoma Maria Emília Kudla, em especial à secretária da pós-graduação, Lucimara Antunes, por ser uma pessoa maravilhosa, que sempre esteve à disposição para auxiliar, pelas palavras de incentivo, carinho e preocupação, sempre irei guardar com carinho os ótimos momentos.

À equipe da Estação Experimental de Paranavaí - PR, pela amizade e disposição em ajudar: Guilherme Souza Berton, Hugo Zeni Neto, José Carlos Santana, Luis Carlos Honorato, Wellington Oliveira, Alexandro Carlos Rizato, Ailton José Da Silva, José Batista Primo, Alessandro Aparecido Garcia, Vera Lucia Da Silva, Cláudio José Da Silva, Ismair Benedito Da Silva, Vadimario Ferreira De Oliveira, Maikon Diego Rosendo De Carvalho, João Monteiro De Carvalho, José Luiz Rizato e

Claudio Roberto Vieira pela grande ajuda, amizade e alegria, em especial ao Fábio Vieira Rodrigues e Alexandre Ricardo da Silva, pela grande ajuda e disposição sendo o fundamento de tudo, sempre irei guardar com carinho os ótimos momentos ao lado de vocês.

Ao Engenheiro Agrônomo Francisco Gerber do grupo de pesquisa da cana-de-açúcar, pelo apoio e amizade.

Aos colegas do programa de pós-graduação, especialmente Wilson Wagner, Guilherme, João Civieiro, Mario, Luíz Cláudio, Luis José, Iaia, Geraldo, Tales, Arnaldo, Manu, Antônio, Pedro Buso, Professor Gildemberg Amorim Leal Junior, pela imensa ajuda na conclusão desta tese e tantos outros.

A minha cunhada Cris pelo grande apoio, preocupação carinho e atenção.

Aos funcionários do Grupo Santa Terezinha, Unidade Iguatemi. Aos funcionários da Usina de Álcool e Açúcar Alto Alegre S.A, Unidade Junqueira.

Aos membros da banca examinadora pelas contribuições.

À Universidade Federal do Paraná, pela oportunidade de realizar este trabalho.

A RIDESA e FUNPAR pelo apoio financeiro necessário para o desenvolvimento do projeto. A CAPES pela bolsa concedida. E a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização desta tese, meu muito obrigado e desejo-lhes muito sucesso.

**MUITO OBRIGADO!**



“Embora ninguém possa voltar e começar do zero outra vez, qualquer um pode  
começar agora e ter um final inédito”.

Carl Bard

## **BIOGRAFIA**

Michael Jonathan Fernandes Alves, filho de Francisco Alves Ferreira e Sandra Aparecida Fernandes, nasceu em Ituiutaba, Minas Gerais, em 07 de Maio de 1987.

Concluiu o ensino básico e fundamental na cidade de Ituiutaba, Minas Gerais.

Em 2004 concluiu o Curso Técnico em agropecuária concomitante com o ensino médio, pela Escola Agrotécnica Federal de Uberlândia, Minas Gerais (atual Instituto Federal do triângulo Mineiro, campus Uberlândia).

Em dezembro de 2009, formou-se em Agronomia, pela Universidade Estadual de Minas Gerais, campus Ituiutaba.

Em Junho de 2012 recebeu o título de Mestre em ciência do solo - Área de Concentração: “solo e ambiente”, pela Universidade Federal do Paraná (UFPR).

Em Agosto de 2012, iniciou o Curso de Doutorado em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, no Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Em Outubro de 2016 concluiu sua Tese na UFPR.

## ADUBAÇÃO DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO EM SOCA DE CANA-DE-AÇÚCAR, NA PRESENÇA E AUSÊNCIA DE PALHA, NA REGIÃO NOROESTE, DO ESTADO DO PARANÁ

### RESUMO GERAL

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) tem uma grande importância econômica no Brasil por apresentar um alto rendimento de açúcar, etanol e por ser considerada uma das melhores fontes de energia renováveis. A maior eficiência fotossintética da cultura permite uma alta produção de biomassa exigindo altas doses de adubação para o seu desenvolvimento. Uma fonte adicional de nutrientes ao sistema é a palha deixada no campo pela colheita mecanizada que disponibiliza nutrientes a cultura ao ser mineralizada. O trabalho avaliou em dois sistemas de preparo do solo, em cana soca o efeito de diferentes doses de nitrogênio e potássio e a contribuição da palhada no fornecimento de nutrientes. A avaliação do efeito da dose de nitrogênio (0, 45, 90, 135 e 180 kg ha<sup>-1</sup>) e de potássio (0, 45, 90, 135 e 180 kg ha<sup>-1</sup>) sem e com a presença de palha para o sistema de preparo do solo profundo canterizado foi realizado no município de Nova Esperança-PR em área da Usina de Açúcar Santa Terezinha Ltda–Matriz- Iguatemi e para o sistema de preparo de solo convencional foi realizado, no município de Colorado-PR na Usina Alto Alegre S.A de Álcool e Açúcar-Filial Colorado. As unidades experimentais foram constituídas de três linhas duplas (1,50 m x 0,90 m) de oito metros de comprimento de plantas da variedade RB867515. Avaliaram-se os seguintes variáveis: número de colmos por metro linear (NCM), massa de um colmo (M1C), teor de sacarose aparente (POL), tonelada de cana por hectare (TCH), tonelada de POL por hectare (TPH), os teores foliares de nitrogênio (TFN) e potássio (TFK). A estimativa da decomposição da palhada foi realizada em experimentos ao lado das áreas dos ensaios para resposta a adubação. A palhada foi coletada a cada 15 dias por três meses e depois a cada 30 dias por 9 meses para determinação da matéria seca e quantificação dos nutrientes (N, P, K, Ca e Mg) estimando assim degradação da palhada (DP), nitrogênio disponível (ND), fósforo disponível (PD); potássio disponível (KD); cálcio disponível (CaD) e magnésio disponível (MgD). No sistema de preparo do solo profundo canterizado, todas as variáveis responderam a dose de nitrogênio exceto POL e TFK. Na complementação de potássio todos os parâmetros responderam exceto NCM, POL e TFN. No sistema de preparo de solo convencional todas as variáveis responderam a dose de nitrogênio e potássio exceto, POL. Na condição com palha, no sistema de preparo do solo profundo canterizado as variáveis M1C, TCH, TPH, TFN e TFK tiveram maiores valores em relação ao sem palha. No sistema de preparo de solo convencional, os parâmetros M1C, TFN, TFK tiveram maiores valores que na condição sem palha. A decomposição da palhada foi maior no sistema de preparo de solo convencional disponibilizando mais os nutrientes nitrogênio e potássio (114,93 e 149,30 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente).

**Palavras-chave:** *Saccharum* spp., Cana Soca, Doses, Decomposição da palha, Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Cálcio, Magnésio, Sistema de Preparo.

## FERTILIZATION OF NITROGEN AND POTASSIUM IN RATOON SUGAR CANE, IN THE PRESENCE AND ABSENCE OF STRAW, IN THE NORTHWEST REGION, OF THE STATE OF PARANÁ

### GENERAL ABSTRACT

The sugarcane (*Saccharum* spp.) has a great economic importance in Brazil by Present a high yield of sugar, ethanol and for being considered one of the best sources of renewable energy. The larger photosynthetic efficiency of culture allows a high biomass production requiring high doses of fertilization for your development. An additional source of nutrients for the system is the straw left in the field by mechanized harvesting that provides nutrients to Culture to be mineralized. The worked was evaluated in two tillage systems, in ratoon cane the effect of different doses of nitrogen and potassium and the contribution of straw in the supply of nutrients. Evaluation of the effect of nitrogen dose (0, 45, 90, 135 and 180 kg ha<sup>-1</sup>) and potassium (0, 45, 90, 135 and 180 kg ha<sup>-1</sup>) with and without the presence of straw to the deep tillage system canterizado was held in the city of Nova Esperança-PR in the area sugar cane plant Santa Terezinha Ltda–Matrix- Iguatemi and conventional soil preparation system was conducted in the municipality of Colorado-PR plant Alto Alegre S.A of alcohol and sugar- Branch-Colorado. The experimental units were composed of three double lines (1,50 m x 0,90 m) of eight meters in length of plants of the variety RB867515. The following variables were evaluated: number of culms per linear metre (NCM), Mass of a stem (M1C), apparent sucrose content (POL), ton of cane per hectare (TCH), ton of POL per hectare (TPH), foliar nitrogen levels (TFN) and potassium (TFK). The estimation of straw decomposition was carried out in experiments next to the areas of the trials for response to fertilization. The straw was collected at each 15 days for three months and then every 30 days for 9 months for determination of dry matter and quantification of nutrients (N, P, K, Ca and Mg) estimating so degradation of chaff (DP), nitrogen available (ND), phosphorus available (PD); available potassium (KD); calcium available (CaD) and magnesium available (MgD). In the system of preparation of the deep canterizado soil, all variables responded to nitrogen dose except POL and TFK. On complementation of potassium all parameters responded except NCM, POL and TFN. In conventional soil preparation system all variables responded to nitrogen and potassium dose except, POL. In the condition with straw, in the system of preparation of the deep canterizado soil the variables M1C, TCH, TPH, TFN and TFK had higher values compared to without straw. In conventional soil preparation system, the parameters M1C, TFN, TFK Had higher values than in the condition without straw. The decomposition of straw was higher in conventional soil preparation system providing more nutrient nitrogen and potassium (114,93 and 149,30 kg ha<sup>-1</sup> respectively).

**Keywords:** *Saccharum* spp., Ratoon Cane, Doses, Decomposition of straw, Nitrogen, Phosphorus, Potassium, Calcium, Magnesium, Preparation system.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPITULO I - MANEJO DA PALHA DA CANA-DE-AÇÚCAR E ADUBAÇÃO DE SOCA, NO SISTEMA DE PREPARO DO SOLO CANTERIZADO, NO ESTADO DO PARANÁ

Figura 1 - Precipitação e temperaturas máxima e mínima no período de realização do experimento (Setembro 2013 a setembro 2014) no município de Nova Esperança-PR, Brasil, 2016. ....	25
Figura 2 - Número de colmos por metro (A) em função da dose de nitrogênio com a presença de palha na cobertura do solo e massa de um colmos, (B) em função da dose de nitrogênio, da variedade RB867515 de cana-de-açúcar cultivada, na Usina de Açúcar Santa Terezinha Ltda - Matriz- Iguatemi, no município de Nova Esperança-PR, Brasil, 2016. ....	29
Figura 3 - Tonelada de cana por hectare em função das doses de nitrogênio (A) e potássio (B) utilizadas na adubação de cobertura, da variedade RB867515 de cana-de-açúcar cultivada, na Usina de Açúcar Santa Terezinha Ltda - Matriz- Iguatemi, no município de Nova Esperança-PR, Brasil, 2016.....	30
Figura 4 - Tonelada de POL por hectare em função das doses de nitrogênio (A) e potássio (B) utilizadas na adubação de cobertura, da variedade RB867515 de cana-de-açúcar cultivada, na Usina de Açúcar Santa Terezinha Ltda - Matriz- Iguatemi, no município de Nova Esperança-PR, Brasil, 2016.....	31
Figura 5 - Teor foliar de nitrogênio em função da dose de nitrogênio e da presença de palha na cobertura do solo (A) e em função da dose de potássio na presença de 180 Kg de nitrogênio por hectare (B), da variedade RB867515 de cana-de-açúcar cultivada, na Usina de Açúcar Santa Terezinha Ltda - Matriz- Iguatemi, no município de Nova Esperança-PR, Brasil, 2016.....	32
Figura 6- Teor foliar de potássio em função da dose de potássio na ausência de palha na cobertura do solo (A) e em função da dose de potássio e na presença de 180 Kg de nitrogênio por hectare (B), da variedade RB867515 de cana-de-açúcar cultivada, na Usina de Açúcar Santa Terezinha Ltda - Matriz- Iguatemi, no município de Nova Esperança-PR, Brasil, 2016. ....	34

## **CAPITULO II - MANEJO DA PALHA DA CANA-DE-AÇÚCAR E ADUBAÇÃO DE SOCA, NO SISTEMA DE PREPARO DE SOLO CONVENCIONAL, NO ESTADO DO PARANÁ**

Figura 1- Precipitação e temperaturas máxima e mínima no período de realização do experimento (Setembro 2013 a setembro 2014), na Usina Alto Alegre S.A de Álcool e Açúcar, Unidade Junqueira, no município de Colorado– Pr, Brasil, 2016. ....	43
Figura 2 - Número de colmos por metro linear em função da dose de potássio (A) e número de colmos por metro (B) em função da dose de nitrogênio, da variedade RB867515 cultivada na Usina Alto Alegre S.A de Álcool e Açúcar, Unidade Junqueira, no município de Colorado– PR, Brasil, 2016.....	47
Figura 3 - Massa de um colmo em função das doses de potássio utilizadas na adubação de cobertura e na presença de 180 kg de N, da variedade RB867515 cultivada na Usina Alto Alegre S.A de Álcool e Açúcar, Unidade Junqueira, no município de Colorado– PR, Brasil, 2016.....	48
Figura 4- Modelos de regressão ajustados para determinar o efeito das doses de K com o uso 180 kg de N na produtividade de colmos (TCH) (A) e na produtividade de POL por hectare (TPH) (B), da variedade RB867515 cultivada na Usina Alto Alegre S.A de Álcool e Açúcar, Unidade Junqueira, no município de Colorado– PR, Brasil, 2016. ....	49
Figura 5- Teor foliar de N em função da dose de N com palha (A) e da dose de K com o uso de 180 Kg de N por hectare (B), da variedade RB867515 cultivada na Usina Alto Alegre S.A de Álcool e Açúcar, Unidade Junqueira, no município de Colorado– PR, Brasil, 2016. ....	51
Figura 6- Teor foliar de potássio em função da dose de K na condição com palha (A), Teor foliar de potássio em função da dose de N na condição com palha (B), da variedade RB867515 cultivada na Usina Alto Alegre S.A de Álcool e Açúcar, Unidade Junqueira, no município de Colorado- PR, Brasil, 2016.....	52

### **CAPITULO III - DECOMPOSIÇÃO DA PALHADA DE CANA-DE-AÇÚCAR NO ESTADO DO PARANÁ, EM DOIS SISTEMAS DE PREPARO DO SOLO**

Figura 1- Precipitação e temperaturas máxima e mínima no período de realização do experimento (Setembro 2013 a setembro 2014) na Usina de Açúcar Santa Terezinha Ltda - Matriz- Iguatemi, no município de Nova Esperança - PR, Brasil, 2016. ....	60
Figura 2- Precipitação e temperaturas máxima e mínima no período de realização do experimento (Setembro 2013 a setembro 2014), na Usina Alto Alegre S.A de Álcool e Açúcar, Unidade Junqueira, no município de Colorado- Pr, Brasil, 2016. ....	61
Figura 3- Decomposição da palhada (DP) kg ha <sup>-1</sup> da variedade RB867515, em diferentes épocas de coleta (Setembro 2013 a setembro 2014), 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 correspondente respectivamente a 1/ Set, 15/Set, 30/Set, 15/Out, 30/Out, 15/Nov, 30/Nov, 30/Dez, 30/Jan, 28/Fev, 30/Mar, 30/Abr, 30/Mai, 30/Jun, 30/Jul, 30/Ago, nos sistemas de preparo de solo: (A) Preparo do solo utilizando equipamento de preparo profundo e canterizado, na Usina de Açúcar Santa Terezinha Ltda - Matriz- Iguatemi no município de Nova Esperança-Paraná, Brasil, (B) Preparo do solo convencional, na Usina Alto Alegre S.A de Álcool e Açúcar, Filial Colorado no município de Colorado - Paraná, Brasil, 2016. ....	65
Figura 4- Nitrogênio disponível na palha em kg ha <sup>-1</sup> da variedade RB867515, em diferentes épocas de coleta (Setembro 2013 a setembro 2014), 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 correspondente respectivamente a 1/ Set, 15/Set, 30/Set, 15/Out, 30/Out, 15/Nov, 30/Nov, 30/Dez, 30/Jan, 28/Fev, 30/Mar, 30/Abr, 30/Mai, 30/Jun, 30/Jul, 30/Ago, nos sistemas de preparo de solo: (A) Preparo do solo utilizando equipamento de preparo profundo e canterizado do solo, na Usina de Açúcar Santa Terezinha Ltda - Matriz- Iguatemi no município de Nova Esperança-Paraná, Brasil, (B) Preparo do solo convencional, na Usina Alto Alegre S.A de Álcool e Açúcar, Filial Colorado no município de Colorado- Paraná, Brasil, 2016. ....	66
Figura 5- Potássio disponibilizado kg ha <sup>-1</sup> da variedade RB867515, em diferentes épocas de coleta (Setembro 2013 a setembro 2014), 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 correspondente respectivamente a 1/ Set, 15/Set, 30/Set, 15/Out, 30/Out, 15/Nov, 30/Nov, 30/Dez, 30/Jan, 28/Fev, 30/Mar, 30/Abr, 30/Mai, 30/Jun, 30/Jul, 30/Ago, nos sistemas de preparo de solo: (A) Preparo do solo utilizando equipamento de preparo profundo e canterizado do solo, na Usina de Açúcar Santa	

Terezinha Ltda - Matriz- Iguatemi no município de Nova Esperança-Paraná, Brasil, (B) Preparo do solo convencional, na Usina Alto Alegre S.A de Álcool e Açúcar, Filial Colorado no município de Colorado- Paraná, Brasil, 2016. ....	67
Figura 6- Fósforo disponibilizado kg ha <sup>-1</sup> da variedade RB867515, em diferentes épocas de coleta (Setembro 2013 a setembro 2014), 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 correspondente respectivamente a 1/ Set, 15/Set, 30/Set, 15/Out, 30/Out, 15/Nov, 30/Nov, 30/Dez, 30/Jan, 28/Fev, 30/Mar, 30/Abr, 30/Mai, 30/Jun, 30/Jul, 30/Ago, nos sistemas de preparo de solo: (A) Preparo do solo utilizando equipamento de preparo profundo e canterizado do solo, na Usina de Açúcar Santa Terezinha Ltda - Matriz- Iguatemi no município de Nova Esperança-Paraná, Brasil, (B) Preparo do solo convencional, na Usina Alto Alegre S.A de Álcool e Açúcar, Filial Colorado no município de Colorado- Paraná, Brasil, 2016. ....	68
Figura 7- Cálcio disponibilizado kg ha <sup>-1</sup> da variedade RB867515, em diferentes épocas de coleta (Setembro 2013 a setembro 2014), 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 correspondente respectivamente a 1/ Set, 15/Set, 30/Set, 15/Out, 30/Out, 15/Nov, 30/Nov, 30/Dez, 30/Jan, 28/Fev, 30/Mar, 30/Abr, 30/Mai, 30/Jun, 30/Jul, 30/Ago, nos sistemas de preparo de solo: (A) Preparo do solo utilizando equipamento de preparo profundo e canterizado do solo, na Usina de Açúcar Santa Terezinha Ltda - Matriz- Iguatemi no município de Nova Esperança-Paraná, Brasil, (B) Preparo do solo convencional, na Usina Alto Alegre S.A de Álcool e Açúcar, Filial Colorado no município de Colorado- Paraná, Brasil, 2016. ....	69
Figura 8- Magnésio disponibilizado kg ha <sup>-1</sup> da variedade RB867515, em diferentes épocas de coleta (Setembro 2013 a setembro 2014), 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 correspondente respectivamente a 1/ Set, 15/Set, 30/Set, 15/Out, 30/Out, 15/Nov, 30/Nov, 30/Dez, 30/Jan, 28/Fev, 30/Mar, 30/Abr, 30/Mai, 30/Jun, 30/Jul, 30/Ago, nos sistemas de preparo de solo: (A) Preparo do solo utilizando equipamento de preparo profundo e canterizado do solo, na Usina de Açúcar Santa Terezinha Ltda - Matriz- Iguatemi no município de Nova Esperança-Paraná, Brasil, (B) Preparo do solo convencional, na Usina Alto Alegre S.A de Álcool e Açúcar, Filial Colorado no município de Colorado- Paraná, Brasil, 2016. ....	70



## LISTA DE TABELAS

### **CAPITULO I - MANEJO DA PALHA DA CANA-DE-AÇÚCAR E ADUBAÇÃO DE SOCA, NO SISTEMA DE PREPARO DO SOLO CANTERIZADO, NO ESTADO DO PARANÁ**

Tabela 1- Resumo da análise de variância no esquema de parcela subdividida para a avaliação do efeito do Manejo: com e sem palha, da dose de nitrogênio (N), da dose de potássio (K) sob os caracteres de produção: número de colmos por metro (NCM), massa de um colmos (M1C), tonelada de cana por hectare (TCH), teor de sacarose aparente (POL), tonelada de POL por hectare (TPH) e os teores foliares de nitrogênio (TFN) e potássio (TFK) na variedade RB867515 de cana-de-açúcar cultivada na Usina de Açúcar Santa Terezinha Ltda - Matriz- Iguatemi no município de Nova Esperança-PR, Brasil, 2016. ....	28
Tabela 2- Médias dos caracteres de produção: número de colmos por metro (NCM), massa de um colmos (M1C), tonelada de cana por hectare (TCH), teor de sacarose aparente (POL), tonelada de POL por hectare (TPH) e os teores foliares de nitrogênio (TFN) e potássio (TFK) da variedade RB867515 de cana-de-açúcar cultivada com e sem palha, na Usina de Açúcar Santa Terezinha Ltda-Matriz- Iguatemi, no município de Nova Esperança-PR, Brasil, 2016. ....	29

### **CAPITULO II - MANEJO DA PALHA DA CANA-DE-AÇÚCAR E ADUBAÇÃO DE SOCA, NO SISTEMA DE PREPARO DE SOLO CONVENCIONAL, NO ESTADO DO PARANÁ**

Tabela 1 – Resumo da análise de variância no esquema de parcela subdividida para a avaliação do efeito do Manejo: com e sem palha, da dose de nitrogênio (N), da dose de potássio (K) sob os caracteres de produção: número colmos por metro (NCM), massa de um colmo (M1C), tonelada de cana por hectare (TCH), teor de sacarose aparente (POL), tonelada de PO por hectare (TPH) e os teores foliares de nitrogênio (TFN) e potássio (TFK) na variedade RB867515 de cana-de-açúcar cultivada na Usina Alto Alegre S.A de Álcool e Açúcar, Unidade Junqueira, no município de Colorado-PR, Brasil, 2016. ....	46
--	----

Tabela 2- Médias dos caracteres de produção: número de colmos por metro linear (NCM), massa de um colmo (M1C), tonelada de cana por hectare (TCH), teor de sacarose aparente (POL), tonelada de Pol por hectare (TPH) e os teores foliares de nitrogênio (TFN) e potássio (TFK) na variedade RB867515 de cana-de-açúcar cultivada na Usina Alto Alegre S.A de Álcool e Açúcar, Unidade Junqueira, no município de Colorado- PR, Brasil, 2016. ....46

### **CAPITULO III - DECOMPOSIÇÃO DA PALHADA DE CANA-DE-AÇÚCAR NO ESTADO DO PARANÁ, EM DOIS SISTEMAS DE PREPARO DO SOLO**

Tabela 1 - Resumo da análise de variância do experimento I para os caracteres: Decomposição da palhada (DP); nitrogênio remanescente (NR), fósforo remanescente (PR), potássio remanescente (KR), cálcio remanescente (CaR) e magnésio remanescente (MgR), na variedade RB867515 de cana-de-açúcar cultivada, na Usina de Açúcar Santa Terezinha Ltda - Matriz- Iguatemi, no município de Nova Esperança - PR, Brasil, 2016. ....63

Tabela 2 - Resumo da análise de variância do experimento II para os caracteres: Decomposição da palhada (DP); nitrogênio remanescente (NR), fósforo remanescente (PR), potássio remanescente (KR), cálcio remanescente (CaR) e magnésio remanescente (MgR), na variedade RB867515 de cana-de-açúcar cultivada, na Usina Alto Alegre S.A de Álcool e Açúcar, Filial Colorado no município de Colorado- PR, Brasil, 2016. ....64

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>19</b>
<b>CAPITULO I - MANEJO DA PALHA DA CANA-DE-AÇÚCAR E ADUBAÇÃO DE SOCA, NO SISTEMA DE PREPARO DO SOLO CANTERIZADO, NO ESTADO DO PARANÁ.....</b>	<b>21</b>
RESUMO.....	21
ABSTRACT .....	22
1 INTRODUÇÃO .....	23
2 MATERIAL E MÉTODOS .....	24
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
4 CONCLUSÃO.....	34
REFERÊNCIAS.....	35
<b>CAPITULO II - MANEJO DA PALHA DA CANA-DE-AÇÚCAR E ADUBAÇÃO DE SOCA, NO SISTEMA DE PREPARO DE SOLO CONVENCIONAL, NO ESTADO DO PARANÁ.....</b>	<b>39</b>
RESUMO.....	39
ABSTRACT .....	40
1 INTRODUÇÃO .....	41
2 MATERIAL E MÉTODOS .....	43
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
4 CONCLUSÃO.....	52
REFERÊNCIAS.....	53
<b>CAPITULO III - DECOMPOSIÇÃO DA PALHADA DE CANA-DE-AÇÚCAR NO ESTADO DO PARANÁ, EM DOIS SISTEMAS DE PREPARO DO SOLO .....</b>	<b>56</b>
RESUMO.....	56
ABSTRACT .....	57
1 INTRODUÇÃO .....	58
2 MATERIAL E MÉTODOS .....	59
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	63
4 CONCLUSÃO.....	70
REFERÊNCIAS.....	70
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>73</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A cana-de-açúcar é uma planta semi-perene, que apresenta um alto rendimento de açúcar, etanol e energia em um curto período de tempo, sendo considerada uma das culturas agrícolas de maior eficiência fotossintética.

A queima das áreas de cultivo com cana-de-açúcar sempre foi uma prática comum utilizada em larga escala, com a finalidade de diminuir a quantidade de palha e facilitar a colheita, aumentando o rendimento operacional do corte manual e do carregamento mecânico, além de diminuir as impurezas.

Porém, a mudança no sistema de colheita manual com queima, para colheita mecanizada cana crua, devido as questões ambientais, trabalhistas e a falta de mão de obra, tem feito com que as unidades mudem para a colheita mecanizada.

Este fato tem proporcionado alterações no ambiente de produção principalmente nas propriedades químicas e físicas do solo, em virtude da permanência da palhada na sua superfície, acumulando uma quantidade considerável de matéria orgânica no solo.

O custo com a colheita mecanizada é inferior ao da colheita manual. Com isso o processo de colheita mecanizada tem substituído cada vez mais a colheita manual.

A permanência da palhada contribui com a adição de nutrientes potencialmente disponíveis, podendo reduzir a demanda por adubação, além de aumentar a quantidade de matéria orgânica, melhorando a capacidade deste solo de infiltração, contribuindo para um melhor desenvolvimento do sistema radicular, podendo contribuir para uma maior produtividade.

Embora a cana-de-açúcar demande uma grande quantidade de nutrientes do solo, as mudanças no sistema de cultivo e colheita exigem reformulações no manejo da cultura, principalmente em relação à adubação de socaria com nitrogênio e potássio.

A palhada acumulada no solo influencia diretamente na diminuição da perda de nitrogênio por volatilização, porém, vai existir uma maior competição por este elemento na degradação da palhada pelos microorganismos, podendo faltar para a planta.

Para o potássio é inverso, pois é um elemento que se desprende facilmente das folhas, tornando-se disponível para o solo e a planta rapidamente, pois este elemento não possui função estrutural.

O manejo da adubação com nitrogênio e potássio na cultura da cana-de-açúcar é de extrema importância, tendo em vista, que são os nutrientes mais exigidos nos processos de crescimento e desenvolvimento da cultura.

A adubação nitrogenada de socaria, nos canaviais com colheita mecanizada, vem gerando debates e dúvidas sobre o seu manejo adequado, sendo esta afetada diretamente pela palhada.

A quantidade de palhada de cana-de-açúcar pode variar, dependendo da variedade e do manejo. Apresenta uma relação alta de C:N, e no início da decomposição ocorre uma intensa imobilização do N no solo, pode aparecer sintomas de deficiência deste elemento, podendo afetar o número de colmos por hectare.

Assim, a grande demanda da cana-de-açúcar por este nutriente, faz com que a participação do mesmo no processo produtivo, seja parte substancial em relação ao custo de implantação e a manutenção dos canaviais.

O potássio é de extrema importância para a cana-de-açúcar, sendo que na sua ausência ocorre redução no crescimento, da parte aérea, das raízes e na produção de massa seca.

A necessidade constante de aumento de produtividade da cana-de-açúcar tem exigido adaptações e inovações tecnológicas em busca de melhor qualidade da matéria prima aliado a diminuição dos custos de produção do canavial. Nesse sentido, o manejo adequado do solo, aliado a boas práticas de plantio e colheita podem proporcionar maior longevidade aos canaviais e consequentemente a redução nos custos de produção. As mudanças nos sistemas de preparo do solo e de colheita da cana-de-açúcar, sem queima, tem impulsionado a realização de pesquisas, para avaliar a necessidade de alterações no manejo da adubação de soca, ao longo das safras.

Diante de uma nova realidade de colheita mecanizada de cana crua, e a ausência de resultados para o estado do Paraná, ocorre à necessidade de avaliar os efeitos da presença da palha, na contribuição de fornecimento de nutrientes, com relação à diferentes doses de nitrogênio e potássio na adubação das socas.

## CAPITULO I

### MANEJO DA PALHA DA CANA-DE-AÇÚCAR E ADUBAÇÃO DE SOCA, NO SISTEMA DE PREPARO DO SOLO CANTERIZADO, NO ESTADO DO PARANÁ

#### RESUMO

A colheita mecanizada da cana-de-açúcar altera o ambiente de produção devido à deposição da palhada, refletindo no manejo da adubação de soca da cana-de-açúcar. Pode haver maior resposta à adubação devido maior disponibilidade de nitrogênio e potássio resultante da mineralização da palhada presente no campo. O objetivo desse trabalho foi avaliar durante o ciclo de cana soca o efeito de doses de nitrogênio (N) e potássio (K), aplicadas em cobertura, com e sem a presença da palha. O experimento foi instalado na Usina de Açúcar Santa Terezinha Ltda – Matriz- Iguatemi, e a área experimental estava localizada no município de Nova Esperança, no estado do Paraná. O preparo de solo utilizado na cana planta foi o preparo profundo canterizado, utilizando um equipamento denominado de Penta – MAFES. As unidades experimentais foram constituídas de três linhas duplas (1,50 m x 0,90 m) de oito metros de comprimento da variedade RB867515. O experimento foi conduzido no delineamento em blocos casualizados com cinco repetições, em parcela subdividida, sendo dois manejos de pós colheita (com e sem palha), cinco doses de nitrogênio (0; 45, 90, 135 e 180 kg ha<sup>-1</sup>) utilizando como fonte sulfato de amônio ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) e cinco doses de potássio (0, 45, 90, 135 e 180 kg ha<sup>-1</sup>) utilizando como fonte cloreto de potássio (K<sub>2</sub>O). Avaliaram-se as seguintes variáveis: número de colmos por metro linear (NCM), massa de um colmo (M1C), teor de sacarose aparente (POL), tonelada de cana por hectare (TCH), tonelada de POL por hectare (TPH), os teores foliares de nitrogênio (TFN) e potássio (TFK). Todos os caracteres responderam positivamente a dose de nitrogênio exceto POL e TFK. Na complementação de potássio todos os caracteres responderam exceto NCM, POL e TFN. Na condição com palha os caracteres M1C, TCH, TPH, TFN e TFK tiveram maiores médias, diferindo da condição sem palha. O manejo da palha versus dose de nitrogênio somente os caracteres NCM e TFN responderam. O manejo da palha versus dose de potássio somente o caractere TFK teve maiores teores. No manejo nitrogênio versus potássio somente os caracteres M1C, TFN e TFK, responderam.

**Palavras-chave:** *Saccharum* spp., Cana Soca, Nitrogênio, Potássio, Doses, Palhada, Sistema de Preparo.

## CHAPTER I

# MANAGEMENT OF SUGAR CANE STRAW AND RATOON FERTILIZATION IN THE SYSTEM OF PREPARATION OF CANTERIZED DEEP SOIL IN THE STATE OF PARANÁ.

## ABSTRACT

The mechanized harvesting of sugarcane alters the production environment due to the deposition of the straw, reflected in the management of ratoon sugarcane fertilization. There may be greater response to fertilization due to greater availability of nitrogen and potassium resulting from the mineralization of straw present in the field. The objective of this work was to evaluate during the cane cycle the effects of nitrogen doses (N) and potassium (K) Applied in cover, with and without the presence of straw. The experiment was installed at the sugar cane plant Santa Terezinha Ltda - Matrix-Iguatemi, and the experimental area was located in the municipality of Nova Esperança, in the state of Paraná. The soil preparation used in cane plant was the deep canterizado preparation, using an equipment denominated of Penta - MAFES. The experimental units consisted of three double lines (1,50 mx 0,90 m) of eight meters long of the variety RB867515. The experiment was conducted in a randomized complete block design with five replications, in Parcel subdivided, with two post-harvest treatments (with and without straw), five nitrogen doses (0, 45, 90, 135 and 180 kg ha<sup>-1</sup>) ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) and five potassium doses (0, 45, 90, 135 and 180 kg ha<sup>-1</sup>) as the source of potassium chloride (K<sub>2</sub>O). The following variables were evaluated: number of culms per linear metre (NCM), Mass of a stem (M1C), apparent sucrose content (POL), ton of cane per hectare (TCH), ton of POL per hectare (TPH), levels foliar nitrogen (TFN) and potassium (TFK). All the characters responded positively to the nitrogen dose except POL and TFK. In the complementation of potassium all the characters responded except NCM, POL and TFN. In the condition with straw the characters M1C, TCH, TPH, TFN and TFK had higher averages, differing from the condition without straw. The management of straw versus nitrogen dose only the NCM and TFN characters responded. The management of straw versus potassium dose only the TFK character had higher levels. In nitrogen and potassium management only the characters M1C, TFN and TFK responded.

**Keywords:** *Saccharum* spp., Ratoon Cane, Nitrogen, Potassium, Doses, straw, System of Preparation.

## 1 INTRODUÇÃO

A uso da queima da cana-de-açúcar com a finalidade de diminuir a quantidade de palha e facilitar a colheita, aumentando o rendimento operacional do corte manual, carregamento mecânico e melhor qualidade da matéria prima, enviada à indústria. Outro fator que esbarra na questão da queima dos canaviais é a questão ambiental dos Estados, que fixa parâmetros para abolição gradativa do uso do fogo. Com isso o processo de colheita mecanizada sem queima tem substituído cada vez mais a colheita manual (Roque et al., 2010). Nesse sentido, o manejo adequado do solo, aliado à boas práticas de plantio e colheita tem proporcionado maior longevidade aos canaviais e consequentemente a redução nos custos de produção (Oliveira et al., 2014).

A mudança no sistema de colheita manual com queima, para colheita mecanizada sem queima proporcionou profundas alterações no sistema de produção e nas propriedades químicas e físicas do solo (MENDOZA et al., 2000; ROQUE et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2014) em virtude da deposição da palha na sua superfície.

A degradação da palhada remanescente no solo, contribui com a adição de macro e micro nutrientes disponíveis, o qual pode reduzir a demanda por adubação de nitrogênio e potássio, além de aumentar a quantidade de matéria orgânica, que melhora a capacidade de infiltração da água contribuindo para um melhor desenvolvimento do sistema radicular, podendo contribuir para uma maior produtividade (MEIER et al., 2006; BEZERRA e CANTALICE, 2006).

O nitrogênio (N) é fundamental para a cana-de-açúcar, pois a mesma possui metabolismo de carbono do tipo C4, que produz mais material seca por unidade de nitrogênio, presente na folha (SAGE e ZHU, 2011). A cana-de-açúcar possui altas taxas de fotossíntese líquida e eficiência na utilização do nitrogênio e da energia solar, e altamente eficiente na produção de fotoassimilados em condições normais de cultivo.

Apesar da importância do nitrogênio, as respostas em relação à adubação com esse nutriente, tem sido observado, apenas no estágio de cana soca, havendo casos de resposta positiva à aplicação (COSTA et al., 2003; VITTI et al., 2007; PRADO e PANCELLI, 2008) e em outros casos não tem ocorrido resposta a adição do nutriente (OITICICA et al., 1999). A resposta da cana-planta à adubação nitrogenada tem sido



atribuída a mineralização da matéria orgânica (FRANCO et al., 2011), reserva de nitrogênio no reboło de plantio, melhoria das condições do solo pelo uso de corretivos e condicionadores, além da fixação biológica do nitrogênio.

Para obter elevadas produtividades da cana-de-açúcar é necessária a suplementação na adubação de nitrogênio, pois esse é um dos nutrientes mais importantes para tal fator (THORBURN et al., 2011). São recomendados entre 40 a 80 kg ha<sup>-1</sup> de N na cana planta e 100 a 150 kg ha<sup>-1</sup> em cana soca. De acordo com o cenário agrícola, as áreas com colheita mecanizada vêm aumentando ano após ano (GALDOS et al., 2009) e gerando um acúmulo de palhada no solo, com isso é recomendado doses de nitrogênio mais altas quando comparado a áreas cujo manejo é feito com a queima (ROSSETTO et al., 2010).

Além do nitrogênio, o potássio também é de grande importância para as plantas, pois é o ativador de muitas enzimas, sendo fundamental nas reações que promovem a elaboração de proteínas (FIGUEIREDO, 2006). O potássio desempenha papel metabólico e estrutural, participando da ativação de enzimas, síntese de proteínas, osmorregulação, transporte de fotossíntatos no floema e alteração na fotossíntese (HAWKESFORD et al., 2012).

Os resultados mais recentes à adubação com potássio indicam resposta positiva na produtividade de cana-de-açúcar, com o aumento da dose do nutriente (LANA et al., 2004; ROSSETTO et al., 2004; OTTO et al., 2010), indicando que a resposta da cana-de-açúcar à adubação potássica, pode variar de acordo com as condições edafo-climáticas, da variedade utilizada e da disponibilidade de outros nutrientes.

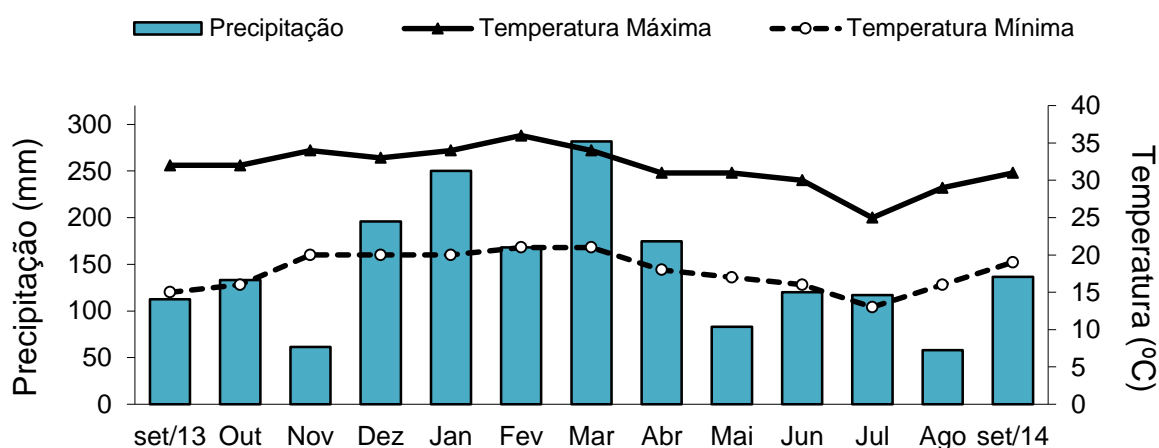
O objetivo desse trabalho foi avaliar nas condições de cultivo do estado do Paraná e no ciclo de cana soca o efeito de doses de nitrogênio e potássio, na presença e ausência de palha, sob os principais caracteres de produção da cana-de-açúcar.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi realizado em área da Usina de Açúcar Santa Terezinha Ltda - Matriz- Iguatemi, a área experimental estava localizada no município de Nova Esperança, no estado do Paraná (Latitude 23°22' S, Longitude 52°17' W, altitude 542 m), região sul do Brasil.

O solo do experimento foi classificado como Latossolo Vermelho álico (EMBRAPA, 2013). Os resultados da análise das características granulométricas do solo da área experimental, na camada 0,00-0,20 metros foram: argila =  $180 \text{ g kg}^{-1}$ ; silte =  $30 \text{ g kg}^{-1}$  e areia =  $790 \text{ g kg}^{-1}$  e de 0,20 – 0,40 metros foram:  $200 \text{ g kg}^{-1}$ ; silte =  $30 \text{ g kg}^{-1}$  e areia =  $770 \text{ g kg}^{-1}$ . Com relação aos resultados da análise das características químicas do solo da área experimental, foram avaliadas nas camadas de 0,00-0,20 e de 0,20 – 0,40 metros. Na camada de 0,00-0,20 metros foram: pH ( $\text{CaCl}_2$ ) = 5,20; M.O = 5,6%; P (Mehlich-1) =  $10,6 \text{ mg dm}^{-3}$ ; K =  $0,39 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; Ca =  $0,66 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; Mg =  $0,24 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; H+Al =  $3,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e V% = 60,7 %. Na camada de 0,20-0,40 metros os valores da análise química foram: pH ( $\text{CaCl}_2$ ) = 5,20; M.O =  $4,60 \text{ g dm}^{-3}$ ; P (Mehlich-1) =  $5,89 \text{ mg dm}^{-3}$ ; K =  $0,30 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; Ca =  $5,52 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; Mg =  $3,19 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; H+Al =  $4,20 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e V% = 68,21%.

O clima da região é do tipo subtropical úmido Cfa (Köppen). No período de condução do experimento entre os meses de setembro de 2013 e setembro de 2014 a temperatura média foi de  $24,8^\circ\text{C}$  na primavera,  $27,3^\circ\text{C}$  no verão,  $25,3^\circ\text{C}$  no outono e  $21,5^\circ\text{C}$  no inverno. A precipitação variou de 58 mm no mês de agosto a 281,5 mm, no mês de março, com média de  $1891,5 \text{ mm ano}^{-1}$ , sem ocorrência de geadas (Figura 1).



**Figura 1** - Precipitação e temperaturas máxima e mínima no período de realização do experimento (Setembro 2013 a setembro 2014) no município de Nova Esperança-PR, Brasil, 2016.

Para a implantação do experimento, foi realizado o preparo profundo e canterizado do solo utilizando um equipamento denominado de Penta – MAFES. Este equipamento, possui as funções de subsolar com uma haste que trabalha a uma

profundidade efetiva de 70 cm, possuindo uma caixa para aplicação de corretivos/adubos em profundidade, uma enxada rotativa destorroadora, que incorpora insumos de 30 a 40 cm de profundidade, e um aleirador, que conduz a palha restante da colheita da cana-de-açúcar no sentido da haste e da enxada rotativa, com a função de incorporá-la ao solo. Por possuir essas cinco funções o aparelho foi denominado de Penta: subsola, aplica corretivo, aleira a palha, incorpora e destorroa. Desse modo, o preparo de solo em profundidade ocorreu somente na faixa onde foi realizado o plantio no espaçamento combinado (1,50 m x 0,90 m).

A adubação de plantio (setembro 2012) foi constituída de 40 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, 150 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo e 120 kg ha<sup>-1</sup> de potássio.

O experimento foi conduzido, em cana soca, no delineamento em blocos casualizados, com cinco repetições, no esquema de parcela subdividida, sendo dois manejos pós colheita (com e sem palha), cinco doses de nitrogênio: (0; 45; 90; 135; e 180 kg ha<sup>-1</sup>) tendo como fonte, sulfato de amônio (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e cinco doses de potássio: (0; 45; 90; 135 e 180 kg ha<sup>-1</sup>) tendo como fonte, cloreto de potássio KCl.

A variedade utilizada foi a RB867515, e cada unidade experimental foi constituída de seis linhas de oito metros de comprimento no sistema combinado (1,50 m x 0,90 m), com a coleta de dados sendo realizada na linha dupla central (área útil 19,2 m<sup>2</sup>).

Aos seis meses após a primeira colheita, no perfilhamento, foram coletadas 30 folhas aleatórias na posição + 3, de acordo com Kuijper (DILLEWIJN, 1952) para a quantificação dos teores foliares de nitrogênio (TFN) e potássio (TFK), realizados no Laboratório de análise de solo, tecido vegetal e fertilidade da Universidade Federal de Viçosa.

Aos nove meses após a emergência, realizou-se a contagem de colmos na área útil do experimento, para determinação do número de colmos por metro linear (NCM).

Aos 365 dias após a implantação (Setembro/2014), foi realizada a coleta de três feixes de dez colmos por unidade experimental, para a pesagem, e obtenção da estimativa da massa de um colmo (M1C).

Posteriormente, por meio dos dados obtidos, determinou-se a produtividade em tonelada de cana por hectare:  $TCH = (NCM \times M1C \times 8.333,33)/1000$  em que NCM corresponde ao número de colmos por metro, M1C massa de um colmo, 8.333,33 e o número de metros lineares em um hectare do espaçamento combinado, dividido por

1000 para corrigir e transportar para tonelada. A partir da análise tecnológica de dez colmos por amostra foi determinado o teor de sacarose aparente (POL) e a tonelada de POL por hectare:  $TPH = (TCH \times POL)/100$ .

Para a avaliação dos efeitos do manejo da palha, das doses de nitrogênio e de potássio nos caracteres de produção e nos teores foliares de N e K, os dados foram submetidos à análise de variância, seguidos da análise de regressão para determinação das melhores doses de N e K. Todas as análises estatísticas foram realizadas pelo programa R (R Development Core Team, 2015).

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A média geral para todos os caracteres avaliados na variedade RB867515 sob o efeito de todos os tratamentos testados são apresentadas na Tabela 1. Os coeficientes de variação (CV%) foram baixos para todos os caracteres avaliados, variando de 6,51% para o teor de sacarose aparente (POL) até 11,48% para tonelada de POL por hectare (TPH), os demais resultados são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1-** Resumo da análise de variância no esquema de parcela subdividida para a avaliação do efeito do Manejo: com e sem palha, da dose de nitrogênio (N), da dose de potássio (K) sob os caracteres de produção: número de colmos por metro (NCM), massa de um colmos (M1C), tonelada de cana por hectare (TCH), teor de sacarose aparente (POL), tonelada de POL por hectare (TPH) e os teores foliares de nitrogênio (TFN) e potássio (TFK) na variedade RB867515 de cana-de-açúcar cultivada na Usina de Açúcar Santa Terezinha Ltda - Matriz- Iguatemi no município de Nova Esperança-PR, Brasil, 2016.

FV	GL	Quadrado Médio						
		NCM	M1C	TCH	POL	TPH	TFN	TFK
Manejo	1	0,84	5,15**	26466,9**	0,00	619,08**	102,55**	372,05**
Resíduo a	4	0,48	0,02	261,8	19,62	27,02	5,64	3,86
Bloco	4	0,94	0,02	362,7	4,65	6,77	7,48	5,38
K	4	0,70	0,14**	1123,73**	0,00	25,89**	6,73	34,98**
N	4	1,80**	0,34**	2909,81**	0,01	69,54**	12,03**	5,94
Manejo x N	4	1,40**	0,00	123,69	0,001	2,69	18,80**	2,49
Manejo x K	4	0,42	0,00	102,75	0,01	2,09	6,19	17,94**
N x K	16	0,10	0,01*	74,71	0,01	1,87	23,18**	17,60**
Resíduo b	208	0,3229	0,0079	78,8795	1,06	2,35	2,57	1,66
CV%		6,94	6,78	10,13	6,51	11,48	11,24	10,54
Média Geral		7,95	1,27	84,61	15,25	12,9	16,41	15,5

\*,\*\* Significativo, respectivamente, a 5% e 1% de probabilidade de acordo com o teste F.

De acordo com a análise de variância houve diferença significativa entre os manejos com e sem palha, para a massa de um de colmo (M1C), tonelada de cana por hectare (TCH), tonelada de sacarose aparente por hectare (TPH), teor foliar de nitrogênio (TFN) e o teor foliar de potássio (TFK) (Tabela 1). Sendo que para todos esses caracteres a presença da palha proporcionou os melhores resultados (Tabela 2).

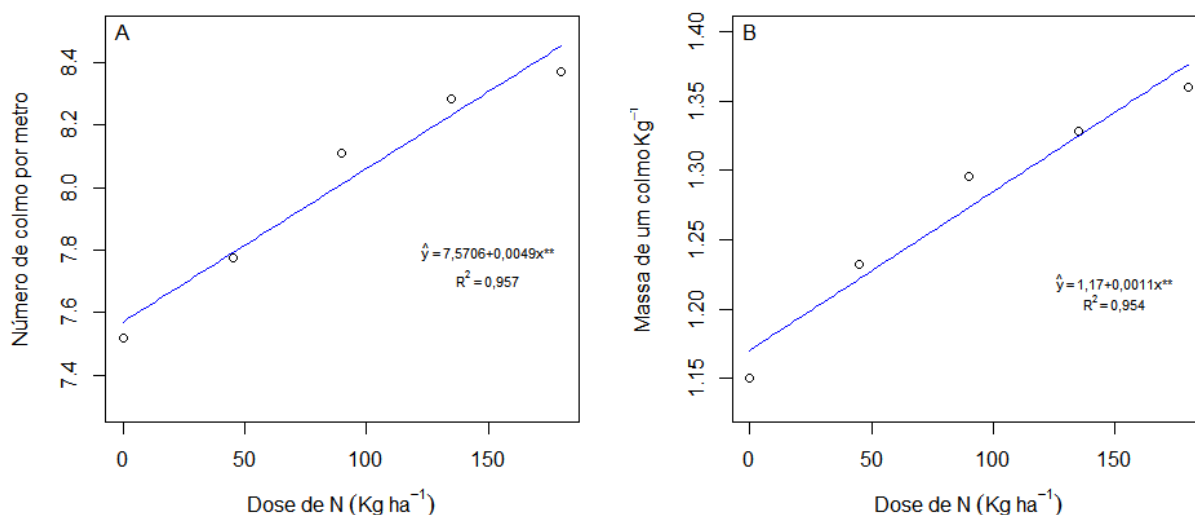
Embora a presença ou ausência da palha não tenha influenciado o número de colmos por metro (NMC), houve diferença significativa entre as doses de nitrogênio (N) e interação significativa entre o manejo da palha e as doses de N (Tabela 1). De acordo com o desdobramento dessa interação, houve diferença significativa entre as doses de N somente com a presença da palha na cobertura do solo. Por tanto, foi realizada a análise de regressão para avaliar o efeito das doses de N na presença de palha sob o NCM (Figura 2A), este incremento pode estar associado à contribuição da palha, na liberação de nutrientes (FORTES, 2010; FRANCO et al., 2007a).

**Tabela 2-** Médias dos caracteres de produção: número de colmos por metro (NCM), massa de um colmos (M1C), tonelada de cana por hectare (TCH), teor de sacarose aparente (POL), tonelada de POL por hectare (TPH) e os teores foliares de nitrogênio (TFN) e potássio (TFK) da variedade RB867515 de cana-de-açúcar cultivada com e sem palha, na Usina de Açúcar Santa Terezinha Ltda-Matriz-Iguatemi, no município de Nova Esperança-PR, Brasil, 2016.

Manejo	NCM	M1C	TCH	POL	TPH	TFN	TFK
Compalha	8,01 a*	1,41 a	94,90 a	15,24 a	14,37 a	17,05 a	16,72 a
Sem palha	7,89 a	1,12 b	74,33 b	15,25 a	11,32 b	15,77 b	14,28 b

\* Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem entre si a 5% de probabilidade, de acordo com o teste F.

De acordo com a análise de variância de todas as regressões, as equações foram significativas ( $p < 0,01$ ), com coeficientes de determinação elevados ( $0,87 \leq R^2 \leq 0,98$ ), indicando que todos os modelos apresentam um bom ajuste, explicando a variação nos caracteres avaliados.



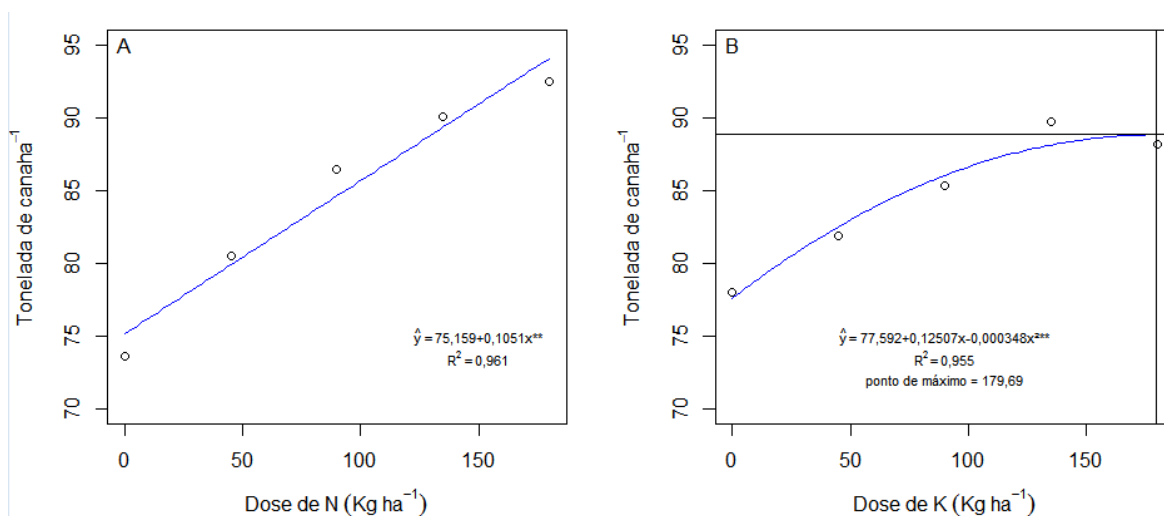
**Figura 2** - Número de colmos por metro (A) em função da dose de nitrogênio com a presença de palha na cobertura do solo e massa de um colmos, (B) em função da dose de nitrogênio, da variedade RB867515 de cana-de-açúcar cultivada, na Usina de Açúcar Santa Terezinha Ltda - Matriz- Iguatemi, no município de Nova Esperança-PR, Brasil, 2016.

Para o NCM, a dose de 180 kg de N por hectare proporcionou o melhor resultado, isso se explica pelo fato do N ser o constituinte de todos os aminoácidos, proteínas, enzimas e ácidos nucleicos assim estar envolvido diretamente no aumento da atividade meristemática da parte aérea da cana-de-açúcar, proporcionando um maior perfilhamento e índice de área foliar com isso aumentando eficiência radiação solar e consequentemente obtendo um acúmulo de matéria seca (SILVEIRA, 1985; KEULEN e STOL, 1991).

Para o caráter massa de um colmo (M1C) houve diferença significativa entre as doses de N e de K, assim como interação significativa entre esses dois nutrientes

(Tabela 1). Porém, de acordo com o desdobramento da interação entre as doses de N e K, não houve diferença entre as doses de K quando se utiliza 180 Kg de N por hectare, sendo que essa foi a dose que proporcionou a maior média para M1C (Figura 2B). Portanto, de acordo com esses resultados a adição de K não influencia o peso médio de colmos quando se utiliza 180 kg de N por hectare.

De acordo com a análise de variância houve diferença significativa entre as doses K e de N utilizadas para a tonelada de cana por hectare (TCH) (Tabela 1), não havendo interação significativa entre esses fatores, indicando que eles atuam de forma independente no aumento da produtividade. A dose de 180 Kg de N e o ponto de máximo de K em 179,69 kg proporcionaram as maiores produtividades (Figura 3), esses resultados são semelhantes encontrados por ORLANDO FILHO et al. (1999), COSTA et al. (2003), VITTI et al. (2007), PRADO e PANCELLI (2008) ao avaliarem diferentes doses de N e os dados encontrados por LANA et al. (2004), ROSSETO et al. (2004), UCHÔA et al. (2009), OTTO et al. (2010) ao avaliarem diferentes doses de K durante o ciclo de cana-soca.

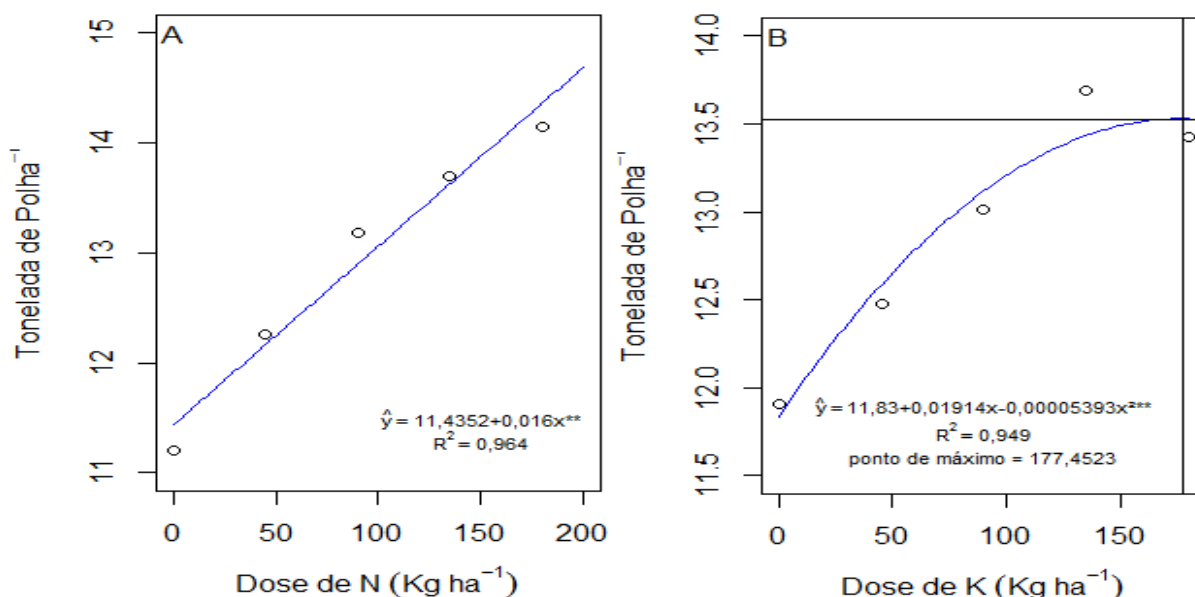


**Figura 3** - Tonelada de cana por hectare em função das doses de nitrogênio (A) e potássio (B) utilizadas na adubação de cobertura, da variedade RB867515 de cana-de-açúcar cultivada, na Usina de Açúcar Santa Terezinha Ltda - Matriz- Iguatemi, no município de Nova Esperança-PR, Brasil, 2016.

Para o teor de POL não houve diferença significativa entre o manejo com e sem palha, entre as doses de N e de K, assim como ausência de interações entre esses fatores (Tabela 1), esses resultados são semelhantes ao obtidos por OTTO et al. (2010) e VITTI (2003), e indicam que o manejo da palha, assim como da adubação

não interferem nos teores de sacarose das variedades. Esses são semelhantes aos obtidos por AZEREDO et al. (1986), ORLANDO FILHO et al. (1994), KORNDÖRFER et al. (1997) e TRIVELIN et al. (2002), evidenciando que a adubação com N não tem efeito sobre a qualidade tecnológica dos colmos. Estes resultados são diferentes aos encontrados por SILVEIRA e CROCOMO (1990), que observou um decréscimo no teor de Pol em plantas adubadas com N.

Para a tonelada de Pol por hectare (TPH) houve diferença significativa entre as doses de K e de N utilizadas (Tabela 1) e ausência de interação entre N e K. Sendo que a dose N de 180 kg e o ponto de máximo de K 177,45 kg, seriam as combinações que proporcionariam as maiores produtividades (Figura 4), esses resultados corroboram com os encontrados por ROSSETTO et al. (2004).



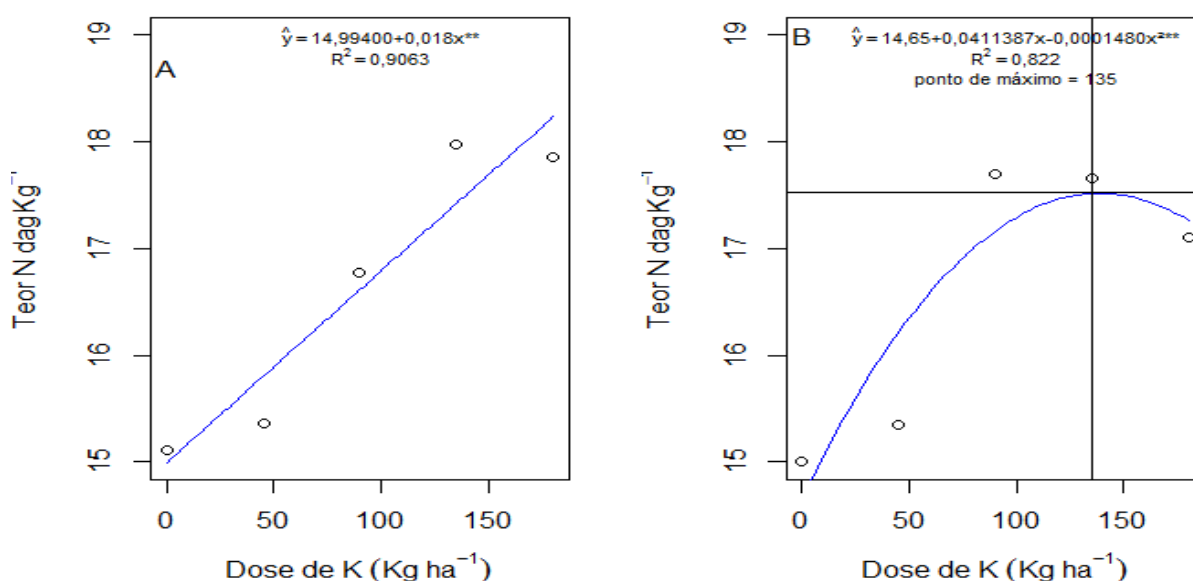
**Figura 4** - Tonelada de POL por hectare em função das doses de nitrogênio (A) e potássio (B) utilizadas na adubação de cobertura, da variedade RB867515 de cana-de-açúcar cultivada, na Usina de Açúcar Santa Terezinha Ltda - Matriz- Iguatemi, no município de Nova Esperança-PR, Brasil, 2016.

Para o teor foliar de nitrogênio (TFN), houve diferença significativa entre as doses de N, assim como interação significativa entre doses de N e o manejo da palha, além da interação entre as doses de N e K (Tabela 1). O maior teor de N na cana sem queima, pode estar associada à contribuição da palha na liberação de nutrientes. Considerando que a matéria orgânica é uma das principais fontes de N em solos tropicais, onde a mineralogia e o grau de intemperismo resultam em baixa reserva de nutrientes, a preservação da palhada na colheita sem a queima contribuiu para a manutenção e o aumento da fertilidade do solo. Avaliando a degradação e a contribuição da palhada de cana-de-açúcar em termos de macronutrientes, FORTES



(2010) e FRANCO et al. (2007b), observou que no ano remanescente houve a liberação de 10% do N contido na palhada.

De acordo com o desdobramento da interação entre as doses de N e o manejo da palha, houve diferença significativa entre as doses de N somente na presença da palha na cobertura do solo. Com isso foi realizado a análise de regressão para determinar o efeito da adição de nitrogênio na presença de palha sob o teor foliar de nitrogênio (TFN), sendo ajustada uma equação cúbica para explicar o TFN conforme o acréscimo de nitrogênio no solo (Figura 5A). De acordo com a análise de regressão, o maior acúmulo de nitrogênio foliar foi proporcionado pela dose 177.45 kg de N.



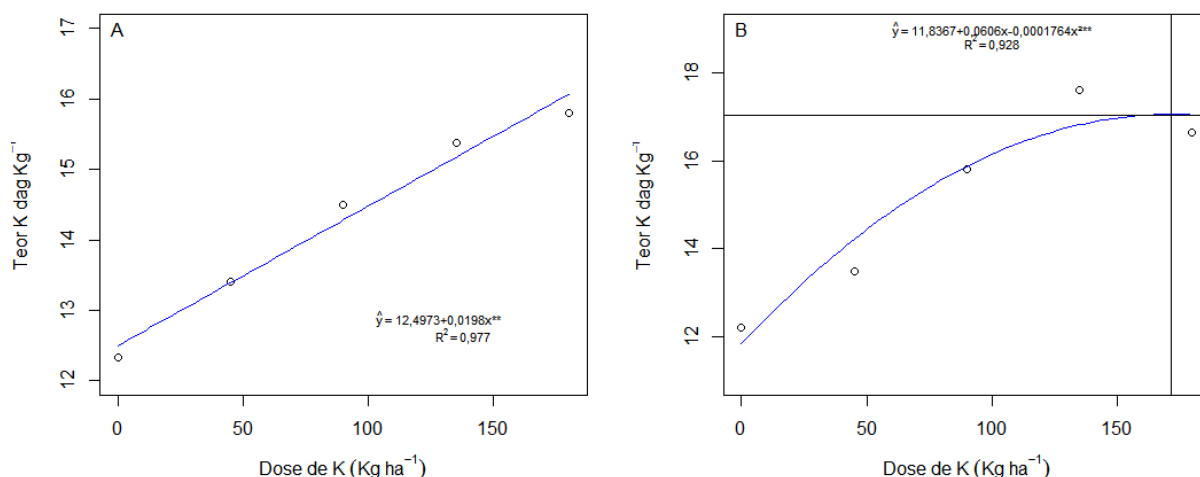
**Figura 5** - Teor foliar de nitrogênio em função da dose de nitrogênio e da presença de palha na cobertura do solo (A) e em função da dose de potássio na presença de 180 Kg de nitrogênio por hectare (B), da variedade RB867515 de cana-de-açúcar cultivada, na Usina de Açúcar Santa Terezinha Ltda - Matriz- Iguatemi, no município de Nova Esperança-PR, Brasil, 2016.

De acordo com o desdobramento da interação entre as doses de N e K para o TFN, as doses de K diferiram para as doses de N: 45, 90, 135 e 180 kg, ou seja, somente na ausência de N não foi detectado diferenças entre as doses de K sob o TFN.

Como a dose de 180 Kg de N por hectare proporcionou os melhores resultados de produtividade de cana e sacarose aparente, foi realizada a análise de regressão para determinar o efeito das doses de K com a aplicação de 180 Kg de N por hectare sob o TFN, sendo ajustada uma equação de terceiro grau para explicar a variação no TFN a partir das doses de K utilizadas (Figura 5B). De acordo com a análise de regressão, a dose de 150 kg K proporcionaram os maiores teores foliares de nitrogênio.

Para o teor foliar de potássio (TFK), houve diferença significativa entre as doses de K utilizadas, assim como interação significativa entre as doses de K e o manejo da palha e também, entre as doses de N e K (Tabela 1). O maior (TFK) no manejo com palha pode ser decorrente da liberação rápida deste nutriente da palhada, sendo desta forma absorvido pela planta ao longo do ciclo. Oliveira et al. (1999) avaliando a influência da aplicação de ureia e vinhaça na degradação da lignocelulose e na liberação dos nutrientes da palhada de cana-de-açúcar verificou que o K foi o nutriente mais liberado pela palhada. A facilidade na liberação do K deve-se ao fato desse nutriente estar na forma iônica (MALAVOLTA et al., 1989; MARSCHNER, 1995).

De acordo com o desdobramento da interação entre as doses de K e o manejo da palha, houve diferença significativa entre as doses de K somente na ausência da palha na cobertura do solo. Este fato foi observado por FORTES (2010), que relatou a contribuição da palhada como fonte de K, sendo assim, na ausência da palha como fonte fornecedora deste nutriente fica expressivo a necessidade de suprimento desse nutriente na forma de fertilizante. Com isso, foi realizada a análise de regressão para determinar o efeito da adição de potássio na ausência da palha sob o teor foliar de potássio (TFK), sendo ajustada uma equação de primeiro grau para explicar o TFK conforme a adição de potássio no solo (Figura 6A). De acordo com a análise de regressão, o maior acúmulo de potássio foliar foi proporcionado pela dose 180 kg K, sendo demonstrando uma tendência linear de aumento nos níveis foliares de K conforme ocorre um aumento desse nutriente no solo, mas somente, na ausência da palha.



**Figura 6-** Teor foliar de potássio em função da dose de potássio na ausência de palha na cobertura do solo (A) e em função da dose de potássio e na presença de 180 Kg de nitrogênio por hectare (B), da variedade RB867515 de cana-de-açúcar cultivada, na Usina de Açúcar Santa Terezinha Ltda - Matriz-Iguatemi, no município de Nova Esperança-PR, Brasil, 2016.

De acordo com o desdobramento da interação entre as doses de N e K para o TFK, existe diferença entre as doses de K somente quando utilizadas as doses de N de 135 e 180 kg. Com isso, foi realizada a análise de regressão para determinar o efeito das doses de K com a aplicação de 180 Kg de N por hectare sob o TFN, sendo ajustada uma equação de segundo grau para explicar a variação no TFN a partir das doses de K utilizadas (Figura 6B). De acordo com a análise de regressão, a dose 171,76 Kg de K proporcionou o maior teor foliar de potássio.

#### 4 CONCLUSÃO

A presença da palha na cobertura do solo proporcionou os maiores valores de número de colmos por metro, massa de um colmo, tonelada de cana por hectare, tonelada de POL por hectare, teor foliar de nitrogênio e teor foliar de potássio.

Houve resposta a aplicação de diferentes doses de nitrogênio e potássio nos atributos de massa de um colmo, teor foliar de nitrogênio e teor foliar de potássio.

## REFERÊNCIAS

- AZEREDO, D.F., BOLSANELLO, J., WEBER H., VIEIRA, J.R. Nitrogênio em cana-planta - doses e fracionamento. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.4, p.25-29, 1986.
- BEZERRA, S. A., CANTALICE, J. R. B. Erosão entre sulcos em diferentes condições de cobertura do solo, sob cultivo da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.565-573, 2006.
- COSTA, M.H., A. BOTTA, J. CARDILLE. Effects of large-scale changes in land cover on the discharge of the Tocantins River, southeastern Amazonia. **Journal of Hydrology** v.283, p.206-217, 2003.
- DILLEWIJN, C. Botany of sugar cane. **Walthen: Chronica Botanica**, p.136-141. 359p, 1952.
- EMBRAPA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. 353p, 2013.
- FIGUEIREDO, P. A. M. Particularidades a respeito do potássio. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.24, p.25, 2006.
- FORTES, C. Produtividade de cana-de-açúcar em função da adubação nitrogenada e da decomposição da palhada em ciclos consecutivos 2010. Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, 2010 (**Tese de Doutorado**).
- FRANCO, H. C. J., BOLONGA, I. R., FARONI, C. E., VITTI, A. C., TRIVELIN, P. C. O. Acúmulo de macronutrientes em cana-de-açúcar em função da adubação nitrogenada e dos resíduos culturais incorporados ao solo no plantio. **Bragantia**, Campinas, v.66, p. 669-674, 2007 (a).
- FRANCO, H.C.J., VITTI, A.C., FARONI, C.E.; CANTARELLA, H., TRIVELIN, P.C.O. Estoque de nutrientes em resíduos culturais incorporados ao solo na reforma de áreas com cana-de-açúcar. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.25, p.32-36, 2007 (b).
- FRANCO, H.C.J., OTTO, R., FARONI, C.E., VITTI, A.C., OLIVEIRA, E.C.A, TRIVELIN, P.C.O. Nitrogen in sugarcane derived from fertilizer in Brazilian field conditions. **Field Crops Research**, v.121, p.29-41, 2011.
- GALDOS, M.V., CERRI, C.C., CERRI, C.E.P. Soil carbon stocks under burned and unburned sugarcane in Brazil. **Geoderma**, v.153, p.347-352, 2009.
- HAWKESFORD, M., HORST, W., KICHEY, T., LAMBERS, H., SCHJOERRING, J., MOLLER, S. I., WHITE, P. Functions of macronutrients. In: Marschner, P. (ed.). **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. 2012. Cap.6, p.135-189.

KEULEN, H., STOL, W. Quantitative aspects of nitrogen nutrition in crops. **Fertilizer Research**, n. 27, p.151-160, 1991.

KÖPPEN, W., GEIGER, R. Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. **Wall-map**.

KORNDÖRFER, G.H., VALLE, M.R., MARTINS, M., TRIVELIN, P.C.O. Aproveitamento do nitrogênio da uréia pela cana-planta. **Revista Brasileira de ciências do solo**, v.21, p.23-26, 1997.

LANA, R.M.Q., ZANÃO JÚNIOR, L.A., KORNDORFER, G.H., MACIEL JUNIOR, V.A. Parcelamento da adubação potássica na cana-planta. STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos, Álcool Subpr. v.23, p.28-31, 2004.

MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição de plantas. **Livro Agrônômica Ceres**, 251p, 1980.

MALAVOLTA, E., VITTI, G. C., OLIVEIRA, S. A. Piracicaba, **Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fósforo**, 201p, 1989.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. New York: **Academic Press**, 1995. 874p.

MEIER, E.A., THORBURN, P.J., WEGENER, M.K., BASFORD, K.E. The availability of nitrogen from sugarcane trash on contrasting soils in the wet tropics of North Queensland. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**. v.75, p.101-114, 2006.

MENDONZA, H.N.S., LIMA, E., ANJOS, L.H.C., SILVA, L.A., CEDDIA, M.B., ANTUNES, M.V.M. Propriedades químicas e biológicas de solo de tabuleiro cultivado com cana-de-açúcar com e sem queima da palhada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p. 201-207, 2000.

OLIVEIRA, A. P., LIMA, E., ANJOS, L. H. C., ZONTA, E. PEREIRA, M. G. Sistema de colheita da cana-de-açúcar: Conhecimento atual sobre modificações em atributos de solos de tabuleiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, p. 939–947, 2014.

OLIVEIRA, A.M.S. A relação capital-trabalho na agroindústria sucroalcooleira paulista e a intensificação do corte mecanizado: gestão do trabalho e certificação ambiental. 2003. 219p. - Faculdade de Ciências e Tecnologia, UNESP, Presidente Prudente. (**Dissertação Mestrado**)

OLIVEIRA, M. W., TRIVELIN, P. C. O., GAVA, G. J. C., Penatti, C. P. Degradação da palhada de cana-de-açúcar. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.56, p. 803-809, 1999.

ORLANDO FILHO, J. CARMELLO, Q. A. C., PEIXE, C. A., GLÓRIA, A.M. Adubação de soqueiras de cana-de-açúcar sob dois tipos de despalha: Cana crua x cana queimada. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.12, p.7-11, 1994.

ORLANDO FILHO, J., RODELLA, A.A., BELTRAME, J.A., LAVORENTI, N.A. Doses, fontes e formas de aplicação de nitrogênio em cana-de-açúcar. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.17, p.39-41, 1999.

OTTO, R., VITTI, G. C. LUZ, P. H. C. DE. Manejo da adubação potássica na cultura da cana-de-açúcar, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.1137-1145, 2010.

PRADO, R.M., PANCELLI, M.A. Resposta de soqueiras de cana-de-açúcar à aplicação de nitrogênio em sistema de colheita sem queima. **Bragantia**, Campinas, v.67, p.951-959, 2008.

R DEVELOPMENT CORE TEAM (2015). **R version 3.2.0: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.

ROQUE, A.A.O., SOUZA, Z.M., BARBOSA, R.S., SOUZA, G.S. Controle de tráfego agrícola e atributos físicos do solo em área cultivada com cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p.744-750, 2010.

ROSSETTO, R., SPIRONELLO, A., CANTARELLA, H., QUAGGIO, J.A. Calagem para a cana-de-açúcar e sua interação com a adubação potássica. **Bragantia**, v.63, p.105-119, 2004.

SAGE, R. F., ZHU, X-G. Exploiting the engine of C4 photosynthesis. **Journal of Experimental Botany**, v.62, p.2989-3000, 2011.

SHIKIDA, P. F. A., JUNQUEIRA, C. P., STERCHILE, S. P.W. Mudanças no padrão tecnológico do corte de cana-de-açúcar: Uma análise preliminar do caso paranaense. **Revista Ciências Empresariais-UNIPAR**, v.8, p.7-32, 2007.

SILVEIRA, J. A. G., CROCOMO, O.J. Assimilação de nitrogênio em cana-de-açúcar cultivada em presença de elevado nível de N e de vinhaça no solo. **Revista Brasileira Fisiologia Vegetal**. v.2, p.7-15, 1990.

SILVEIRA, J.A.G. Interações entre assimilação de nitrogênio e o crescimento da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) cultivada em condições de campo. 1985. 152p. Tese Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba. (**Tese de Doutorado**).

THORBURN, P.J., BIGGS, J.S., WEBSTER, S.J.; BIGGS, I.M. An improved way to determine nitrogen fertiliser requirements of sugarcane crops to meet global environmental challenges. **Plant and Soil**. v.339, p.51-67, 2011

TRIVELIN, P.C.O., OLIVEIRA, M.W. de, VITTI, A.C., GAVA, G.J. de C., BENDASSOLLI, J.A. Perdas de nitrogênio da uréia no sistema solo-planta em dois ciclos de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.193-201, 2002.

UCHÔA, S. C. P., ALVES JÚNIOR, H. O., ALVES, J. M. A.; MELO, V. F.; FERREIRA, G. B. Resposta de seis variedades de cana-de-açúcar a doses de potássio em ecossistema de cerrado de Roraima. **Revista Ciência Agronômica**, v.40, p.505-513, 2009.

VITTI, A.C. Adubação nitrogenada da cana-de-açúcar (soqueira) colhida mecanicamente sem a queima prévia: manejo e efeito na produtividade. Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, 2003. 114p. (**Tese de Doutorado**)

VITTI, A.C.; TRIVELIN, P.C.O.; GAVA, G.J.C. Produtividade da cana-de-açúcar relacionada ao nitrogênio residual da adubação e do sistema radicular. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, p.249-256, 2007.

## CAPITULO II

### MANEJO DA PALHA DA CANA-DE-AÇÚCAR E ADUBAÇÃO DE SOCA, NO SISTEMA DE PREPARO DE SOLO CONVENCIONAL, NO ESTADO DO PARANÁ

#### RESUMO

A área de colheita mecanizada sem queima vem aumentando ano após ano no Brasil. No processo, os ponteiros, as folhas verdes e secas formam uma cobertura aumentando a umidade do solo e os teores de matéria orgânica, influenciando no manejo da adubação da soca. O objetivo desse trabalho foi avaliar durante o ciclo de cana soca o efeito de doses de nitrogênio (N) e potássio (K), aplicadas em cobertura com e sem palha. O experimento foi realizado na Usina Alto Alegre S.A de Álcool e Açúcar-Filial Colorado, localizada no município de Colorado, no estado do Paraná. As unidades experimentais foram constituídas de três linhas duplas (1,50 m x 0,90 m) de oito metros de comprimento da variedade RB867515. O experimento foi conduzido no delineamento em blocos casualizados com cinco repetições, no esquema de parcela subdividida, sendo dois manejos de pós colheita (com e sem palha), cinco doses de nitrogênio (0, 45, 90, 135, e 180 kg ha<sup>-1</sup>) na forma de sulfato de amônio e cinco doses de potássio (0, 45, 90, 135 e 180 kg ha<sup>-1</sup>) na forma de cloreto de potássio. Os caracteres avaliados foram número de colmos por metro linear (NCM), massa de um colmo (M1C), tonelada de cana por hectare (TCH), teor de sacarose aparente (POL) e tonelada de POL por hectare (TPH), teores foliares de nitrogênio (TFN) e potássio (TFK). No sistema de preparo de solo convencional todas os caracteres responderam a dose de nitrogênio e potássio exceto o teor de POL. A dose de nitrogênio versus potássio tiveram ganhos os caracteres M1C, TCH, TPH e TFN. No tratamento com palha os maiores ganhos foram nos caracteres M1C, TFN e TFK. O manejo da palha versus dose de nitrogênio, houve resposta para a variável TFN. O manejo da palha versus dose de potássio os caracteres que responderam foram TFK e TFN.

**Palavras-chave:** *Saccharum* spp., Cana Soca, Palhada, Doses, Nitrogênio, Potássio, Sistema de Preparo.



## CHAPTER II

### MANAGEMENT OF THE SUGAR CANE STRAW AND RATOON FERTILIZATION IN THE CONVENTIONAL SOIL PREPARATION SYSTEM IN THE STATE OF PARANÁ

#### ABSTRACT

The mechanized harvesting area without burning has been increasing year after year in Brazil. In the process, the pointers, dry green leaves form a cover increasing the soil moisture and organic matter content, influencing the management of the fertilizer. The objective of this work was to evaluate the effects of nitrogen (N) and potassium (K) doses during the cane cycle ratoon, applied to cover with and without straw. The experiment was carried out at the Alto Alegre S.A Plant of Alcohol and Sugar- branch Colorado, located in the municipality of Colorado, in the state of Paraná. The experimental units consisted of three double lines (1,50 m x 0,90 m) of eight meters long of the variety RB867515. The experiment was conducted in a randomized complete block design with five replications, in Parcel subdivided, with two post-harvest treatments (with and without straw), five nitrogen doses (0, 45, 90, 135 and 180 kg ha<sup>-1</sup>) and five potassium doses (0, 45, 90, 135 and 180 kg ha<sup>-1</sup>) as the source of potassium chloride. The following variables were evaluated: number of culms per linear metre (NCM), Mass of a stem (M1C), apparent sucrose content (POL), ton of cane per hectare (TCH), ton of POL per hectare (TPH), levels foliar nitrogen (TFN) and potassium (TFK). In the conventional soil preparation system all the characters responded to the nitrogen and potassium dose except the POL content. The dose of nitrogen versus potassium had gains the characters M1C, TCH, TPH and TFN. In the straw treatment the highest gains were in the characters M1C, TFN and TFK. The management of straw versus nitrogen dose, there was response for the variable TFN. The management of straw versus potassium dose the characters that responded were TFK and TFN.

**Keywords:** *Saccharum* spp., Ratoon Cane, straw, Doses, Nitrogen, Potassium, System of Preparation.

## 1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma planta perene, pertencente à família Poaceae e ao gênero *Saccharum* sendo uma das principais culturas agrícolas no Brasil, o maior produtor mundial (CONAB, 2016).

A cana-de-açúcar extrai grandes quantidades de nutrientes do solo, necessita de um grande aporte para produzir e considerando-se colmo, folhas e o palmito, a quantidade de nutrientes extraída por tonelada de biomassa produzida é de: 1,20 kg de N; 0,16 kg de P; 1,24 kg de K; 0,80 kg de Ca; 0,41 kg de Mg e 0,36 kg de S (MALAVOLTA et al., 1997).

A importância do potássio (K) e do nitrogênio (N) para as plantas, foi acentuada após a verificação da ação do K, com ativador de muitas enzimas e sendo fundamental nas reações que promovem a elaboração de proteínas (FIGUEIREDO, 2006) O Nitrogênio é fundamental para a cana-de-açúcar, pois a mesma possui metabolismo de carbono do tipo C4, o qual quando comparado com plantas C3, produz mais material seco por unidade de nitrogênio presente na folha, (SAGE e ZHU, 2011). A cana-de-açúcar tem altas taxas de fotossíntese líquida, e eficiência na utilização do nitrogênio e da energia solar, sendo altamente eficiente na produção de fotoassimilados.

O potássio desempenha papel metabólico e estrutural, participando da ativação de enzimas, síntese de proteínas, osmorregulação, transporte de fotossíntatos no floema e alteração na fotossíntese (HAWKESFORD et al., 2012), enquanto o nitrogênio é parte constituinte de todos os aminoácidos, proteínas e ácidos nucléicos, coenzimas, fitoreguladores e metabólitos secundários, participando direta ou indiretamente de vários processos bioquímicos, sendo que a sua falta prejudica diretamente a síntese de clorofila e aminoácidos essenciais, bem como na energia necessária à produção de carboidratos e esqueletos carbônicos, tendo impacto direto na produtividade da cultura (MALAVOLTA et al., 1997; HAWKESFORD et al., 2012).

A resposta da cana-de-açúcar ao nitrogênio, em geral, é mais frequente no ciclo de cana soca, apresentando pouca resposta em cana planta, devido ao cultivo das socas dependendo da região, ser realizado em períodos climáticos seco e frio ou seco e quente, pouco favoráveis à mineralização do N orgânico, e a pouca

mobilização do nutriente no solo por ocasião do cultivo e aplicação dos corretivos (CASAGRANDE, 1991).

Dentre todos os nutrientes exigidos pela cana-de-açúcar em soca, o que mais contribui para promover melhor brotação e perfilhamento, é o nitrogênio, aplicado em cobertura (CASAGRANDE, 1991).

O nitrogênio é absorvido pelas plantas nas formas minerais, sendo a translocação por fluxo de massa (NOVAIS e SMITH, 1999). A absorção do nitrogênio aumenta a atividade meristemática da parte aérea, resultando maior perfilhamento e consequentemente maior área foliar da além de aumentar a longevidade das folhas (CASAGRANDE, 1991). (THORBURN et al., 2010) observaram que logo no início do ciclo da cana-de-açúcar, já ocorre elevadas extrações de nitrogênio do solo, por colmos e folhas, sendo então necessário uma suplementação por meio de adubação.

A adubação nitrogenada das soqueiras, sem queima do canavial, vem gerando debates e dúvidas sobre o manejo adequado, tendo em vista que os teores disponíveis de N é afetado diretamente pela palhada remanescente.

A palhada de cana-de-açúcar apresenta uma relação alta de C:N, estando na faixa de 100. No início da decomposição da palhada ocorre uma intensa imobilização do N no solo, ou seja, uma baixa mineralização no período de apenas um ano agrícola (VITTI, 1998). Sendo assim, pode aparecer sintomas de deficiência de N, caracterizando a deficiência deste nutriente no solo. Os resíduos orgânicos constituem-se, primeiramente, em fonte de nutrientes para macro e microrganismos do solo e, posteriormente para a própria cultura. Essa retenção do N é prejudicial ao desenvolvimento da cana-de-açúcar, principalmente no estágio de crescimento e formação de colmos, uma vez que a cultura requer o N em grande quantidade.

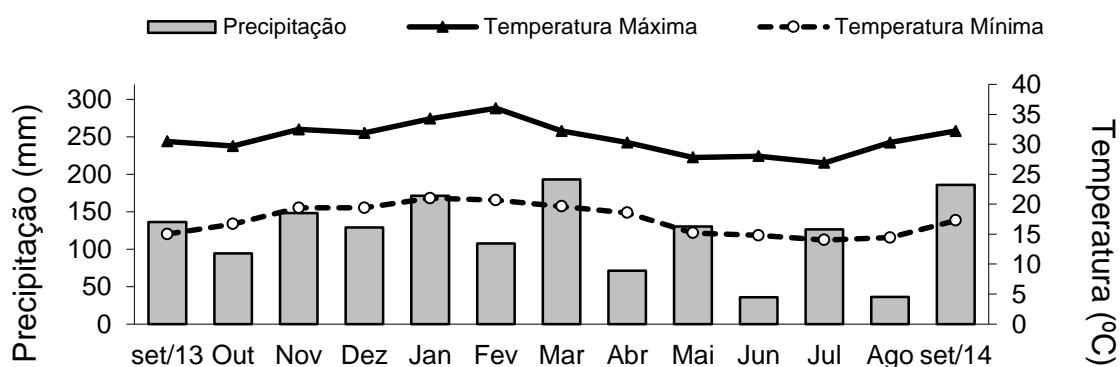
O objetivo desse trabalho foi avaliar nas condições de cultivo do estado do Paraná e no ciclo de cana soca o efeito de doses de nitrogênio (N) e potássio (K), aplicadas em cobertura, com e sem palha, sob os principais caracteres de produção da cana-de-açúcar e os seus teores foliares de N e K.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O Experimento II foi realizado na Usina Alto Alegre S.A de Álcool e Açúcar, Filial Colorado, localizada no município de Colorado, no estado do Paraná, situado à 22°54'15" S, 51°56'19" W, e altitude de 400 metros, na região sul do Brasil.

O solo do experimento foi classificado como Latossolo Vermelho álico (EMBRAPA, 2013). Os resultados da análise das características granulométricas do solo da área experimental, na camada 0,00-0,20 metros foram: argila = 90 g kg<sup>-1</sup>; silte = 20 g kg<sup>-1</sup> e areia = 890 g kg<sup>-1</sup> e de 0,20-0,40 metros foram: argila = 120 g kg<sup>-1</sup>; silte = 20 g kg<sup>-1</sup> e areia = 860 g kg<sup>-1</sup>. Com relação aos resultados da análise das características químicas do solo da área experimental, foram avaliadas nas camadas de 0,00 - 0,20 e de 0,20 - 0,40 metros. Na camada de 0,00 - 0,20 metros foram: pH (CaCl<sub>2</sub>) = 5,20; M.O = 8,8%; P (Mehlich-1) = 17,6 mg dm<sup>-3</sup>; K = 0,34 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca = 0,079 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg= 0,031 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H+Al= 0,05 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e V% = 70,4 %. Na camada de 0,20-0,40 metros os valores da análise química foram: pH (CaCl<sub>2</sub>) = 5,14; M.O = 6,3 %; P (Mehlich-1) = 9,7 mg dm<sup>-3</sup>; K = 1,9 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca = 0,069 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg= 0,025 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H+Al= 0,17 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e V% = 36,8%.

O clima da região é do tipo subtropical úmido Cfa (Köppen). No período de condução do experimento entre os meses de setembro de 2013 e setembro de 2014 a temperatura média foi de 23,9°C na primavera, 27,4°C no verão, 23,9°C no outono e 21,4°C no inverno. A precipitação variou de 35,2 mm no mês de agosto a 193 mm, no mês de março, precipitação anual de 1.565,4 mm ano<sup>-1</sup>, sem ocorrência de geadas (Figura 1).



**Figura 1-** Precipitação e temperaturas máxima e mínima no período de realização do experimento (Setembro 2013 a setembro 2014), na Usina Alto Alegre S.A de Álcool e Açúcar, Unidade Junqueira, no município de Colorado– Pr, Brasil, 2016.

Para a implantação do experimento, em cana planta, realizou-se o preparo do solo convencional com uma passada de grade aradora e duas de grade niveladora.

A adubação de plantio (setembro 2012) foi constituída de 40 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, 125 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo e 100 kg ha<sup>-1</sup> de potássio, conforme as recomendações a partir da análise de solo para a cultura.

O experimento foi conduzido, em cana soca, no delineamento em blocos casualizados, com cinco repetições, no esquema de parcela subdividida, sendo dois manejos pós colheita (com e sem palha), cinco doses de nitrogênio: (0; 45; 90; 135; e 180 kg ha<sup>-1</sup>) tendo como fonte, sulfato de amônio (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e cinco doses de potássio: (0; 45; 90; 135 e 180 kg ha<sup>-1</sup>) tendo como fonte, cloreto de potássio KCl.

Cada unidade experimental foi constituída de seis linhas de oito metros de comprimento no sistema combinado (1,50 m x 0,90 m), composta da variedade RB867515, com a coleta de dados sendo realizada na linha dupla central (área útil 19,2 m<sup>2</sup>).

Aos seis meses, após a primeira colheita, foram coletadas 30 folhas aleatórias na posição ( + 3 ) de acordo com Kuijper (DILLEWIJN, 1952), para a quantificação dos teores foliares de nitrogênio (TFN) e potássio (TFK) realizados no Laboratório de análise de solo, tecido vegetal e fertilidade da Universidade Federal de Viçosa.

Aos nove meses após a emergência, realizou-se a contagem de colmos na área útil do experimento determinando o número de colmos por metro linear (NCM).

Aos 365 dias após a implantação (Setembro/2014), foi realizada a coleta aleatória de três feixes de dez colmos por unidade experimental para a pesagem, e obtenção da estimativa da massa de um colmo (M1C), posteriormente, por meio dos dados obtidos, foi determinando a produtividade em tonelada de cana por hectare  $TCH = (NCM \times M1C \times 8.333,33) / 1000$ , em que NMC corresponde ao número médio de colmos por metro, a M1C, é a massa de um colmo, 8.333,33 são metros lineares de um hectare e 1000 fator de correção para tonelada por hectare.

A partir da análise tecnológica de dez colmos por amostra foi determinado o teor de sacarose aparente (POL) e a tonelada de POL por hectare  $TPH = (TCH \times POL)/100$ .

Para a avaliação dos efeitos do manejo da palha, das doses de nitrogênio e de potássio nos caracteres de produção e nos teores foliares de N e K, os dados foram submetidos à análise de variância, seguidos da análise de regressão para a

determinação das melhores doses de N e K. Todas as análises estatísticas foram realizadas pelo programa R (R Development Core Team, 2015).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A média geral para todos os caracteres avaliados, com a variedade RB867515 sob o efeito de todos os tratamentos testados são apresentadas na Tabela 1. Os coeficientes de variação (CV%) foram baixos para todos os caracteres avaliados, variando de 4,21% para o teor foliar de nitrogênio (TFN) até 10,52% para tonelada de POL por hectare (TPH), esses resultados e o resumo da análise de variância são apresentados na Tabela 1.

De acordo com o teste F da análise de variância, houve diferença significativa entre os manejos com e sem palha para massa de um colmo (M1C), o teor foliar de nitrogênio (TFN) e o teor foliar de potássio (TFK) (Tabela 2). Sendo que para todos esses caracteres a presença da palha proporcionou os melhores resultados.

Embora a presença ou ausência da palha não tenha influenciado o número de colmos por metro (NCM), houve diferença significativa entre as doses de nitrogênio (N) e as doses de (K) e ausência de interação entre esses fatores, indicando que eles atuam de forma independente no perfilhamento.

OTTO et al. (2010), em um ambiente semelhante ao estudado, obteve resultados próximos, para o número médio de colmos (NMC), com a dose de K em torno de 135 Kg ha<sup>-1</sup> (figura 2) observando um aumento de colmos de acordo com o aumento da dose de K, evidenciando a importância da adubação com K, pois o mesmo está ligado a funções importantes para as plantas.

**Tabela 1** – Resumo da análise de variância no esquema de parcela subdividida para a avaliação do efeito do Manejo: com e sem palha, da dose de nitrogênio (N), da dose de potássio (K) sob os caracteres de produção: número colmos por metro (NCM), massa de um colmo (M1C), tonelada de cana por hectare (TCH), teor de sacarose aparente (POL), tonelada de PO por hectare (TPH) e os teores foliares de nitrogênio (TFN) e potássio (TFK) na variedade RB867515 de cana-de-açúcar cultivada na Usina Alto Alegre S.A de Álcool e Açúcar, Unidade Junqueira, no município de Colorado-PR, Brasil, 2016.

FV	GL	Quadrado Médio						
		NCM	M1C	TCH	POL	TPH	TFN	TFK
Manejo	1	2,72	0,03**	14,71	0,00	0,30	122,23**	265,03**
Resíduo a	4	0,88	0,00	72,47	3,02	1,57	0,74	0,15
Bloco	4	0,46	0,01	147,01	2,35	5,65	0,46	0,25
K	4	0,59*	0,10**	638,81**	0,01	14,44**	36,19**	660,26**
N	4	0,81**	0,14**	929,96**	0,00	20,76**	132,05**	7,55**
Manejo x N	4	0,04	0,00	13,79	0,00	0,27	2,01**	0,22
Manejo x K	4	0,12	0,01	60,57	0,01	1,30	2,62**	18,58**
N x K	16	0,1	0,01**	76,47**	0,01	1,77*	1,85**	0,43
Resíduo b	208	0,22	0,01	35,97	0,81	1,05	0,59	0,47
CV%		6,63	7,11	9,33	5,93	10,52	4,21	5,00
MÉDIA GERAL		7,12	1,08	64,32	15,14	9,74	18,24	13,78

\* \*\* Significativo, respectivamente, a 5% e 1% de probabilidade de acordo com o teste F.

As doses de potássio proporcionaram um aumento no número médio de colmos (NMC) (Figura 2A) até a dose de 135 kg ha<sup>-1</sup> de K, sendo observado uma queda no número médio de colmos com doses maiores.

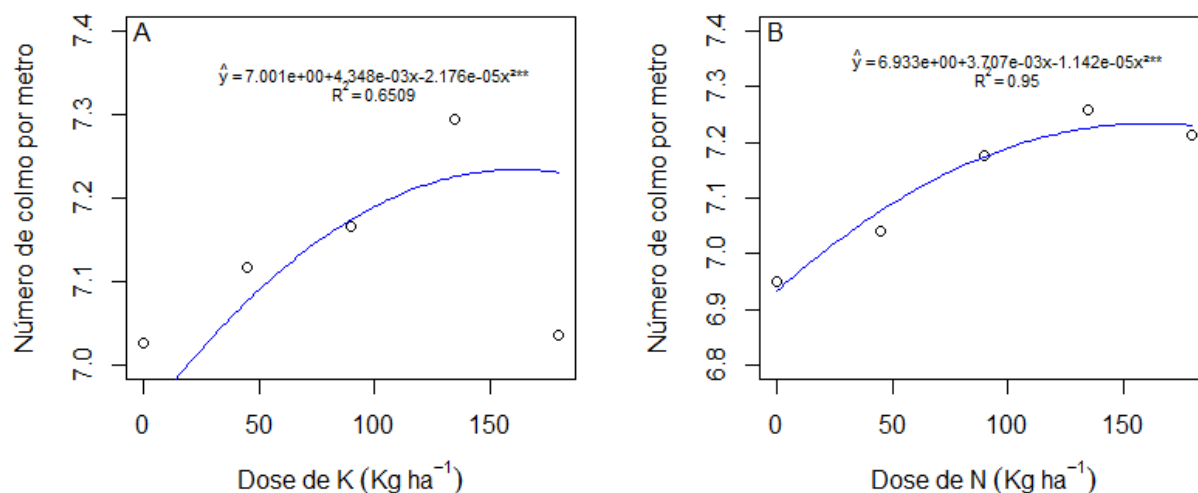
**Tabela 2-** Médias dos caracteres de produção: número de colmos por metro linear (NCM), massa de um colmo (M1C), tonelada de cana por hectare (TCH), teor de sacarose aparente (POL), tonelada de Pol por hectare (TPH) e os teores foliares de nitrogênio (TFN) e potássio (TFK) na variedade RB867515 de cana-de-açúcar cultivada na Usina Alto Alegre S.A de Álcool e Açúcar, Unidade Junqueira, no município de Colorado- PR, Brasil, 2016.

Manejo	NCM	M1C	TCH	POL	TPH	TFN	TFK
Com palha	7,02 b*	1,09 a	64,07 a	15,14 a	9,70 a	18,93 a	14,80 a
Sem palha	7,23 a	1,07 b	64,55 a	15,15 a	9,77 a	17,54 b	12,74 b

\* Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem entre si a 5% de probabilidade, de acordo com o teste F.

O acréscimo nas doses de nitrogênio proporcionou um aumento no número de colmos por metro (NCM) (Figura 2B) sendo que este nutriente é o responsável pelo aumento da atividade meristemática na parte aérea da cana-de-açúcar, influenciando

diretamente no perfilhamento e no índice de área foliar, aumentando a eficiência do aproveitamento da radiação solar (KEULEN e STOL, 1991).



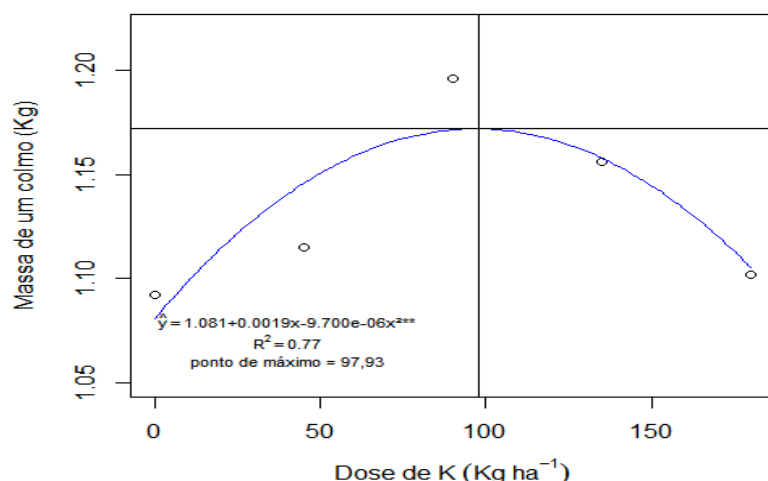
**Figura 2** - Número de colmos por metro linear em função da dose de potássio (A) e número de colmos por metro (B) em função da dose de nitrogênio, da variedade RB867515 cultivada na Usina Alto Alegre S.A de Álcool e Açúcar, Unidade Junqueira, no município de Colorado– PR, Brasil, 2016.

Para a massa de um colmo (M1C) e para a tonelada de cana por hectare (TCH), houve diferença significativa entre as doses de nitrogênio (N) e as doses de (K), assim como, interação significativa entre N e K (Tabela 1), indicando que eles atuam de forma dependente no aumento do peso e consequentemente na produtividade.

De acordo com o desdobramento dessas interações, houve diferença significativa a 5% de probabilidade (Tabela 1) entre as doses de K e o caractere M1C quando se utilizou as doses 0, 45 e 180 Kg de N. NOVAIS e SMITH (1999) também observaram interação significativa entre N e K no caractere a M1C.

Para a M1C, houve diferença significativa entre as doses de K em todas as doses de N utilizadas. Foi realizada a análise de regressão para determinar o efeito das doses de K com o uso de 180 Kg de N por hectare sob a M1C, o modelo ajustado é apresentado na figura 3. De acordo com o ponto de máximo da equação a dose que proporcionaria a maior M1C seria a dose de 97,93 Kg de K.

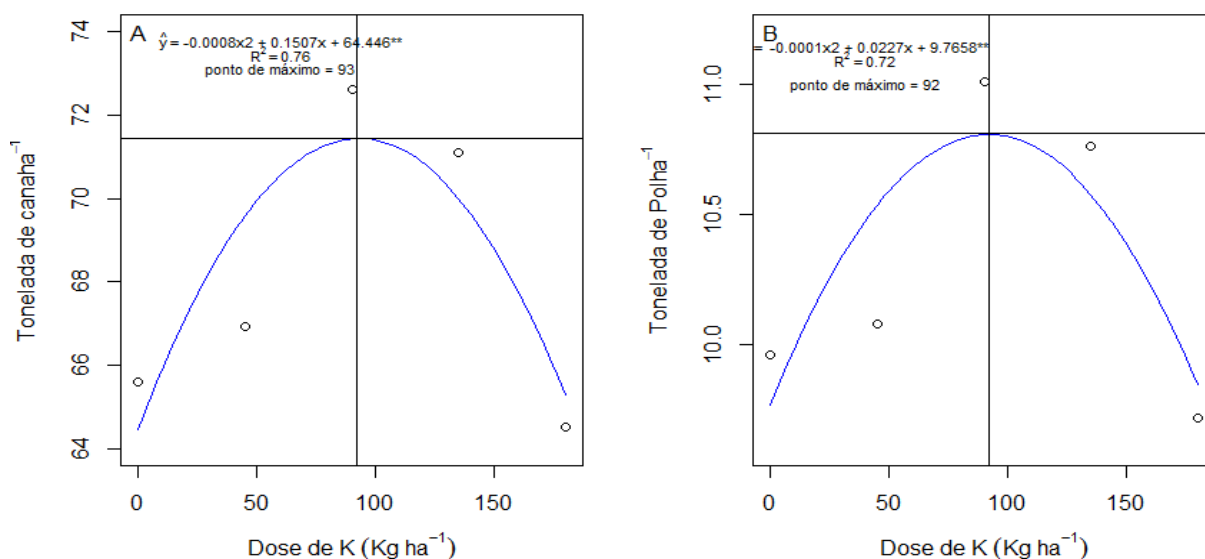




**Figura 3** - Massa de um colmo em função das doses de potássio utilizadas na adubação de cobertura e na presença de 180 kg de N, da variedade RB867515 cultivada na Usina Alto Alegre S.A de Álcool e Açúcar, Unidade Junqueira, no município de Colorado– PR, Brasil, 2016.

Para o TCH, houve diferença significativa entre as doses de K em todas as doses de N utilizadas. Foi realizada a análise de regressão para determinar o efeito das doses de K com o uso de 180 Kg de N por hectare sob o TCH, o modelo ajustado é apresentado na figura 4. De acordo com o ponto de máximo da equação a dose que proporcionaria o maior TCH seria a dose de 117 kg de K.

Para a tonelada de POL por hectare (TPH), também houve diferença significativa entre as doses de nitrogênio (N) e as doses de (K) e interação significativa entre esses nutrientes (Tabela 1). De acordo com o desdobramento da interação, não foi observado efeito das doses de K, quando utilizado 135 Kg de N por hectare. Os resultados similares para os caracteres TCH e TPH era esperado, tendo em vista que as doses de N e K não apresentaram efeito no teor de sacarose (POL) da variedade RB867515 (Tabela 1) e o TCH apresenta o maior efeito na produção de sacarose, conforme já evidenciado em análises de trilha (SILVEIRA et al., 2015). Os modelos de regressão ajustados para determinar o efeito das doses de K com o uso de 180 kg de N na produtividade de colmos (TCH) e Pol (TPH) são apresentados na Figura 4.



**Figura 4-** Modelos de regressão ajustados para determinar o efeito das doses de K com o uso 180 kg de N na produtividade de colmos (TCH) (A) e na produtividade de POL por hectare (TPH) (B), da variedade RB867515 cultivada na Usina Alto Alegre S.A de Álcool e Açúcar, Unidade Junqueira, no município de Colorado– PR, Brasil, 2016.

No modelo ajustado para determinar o efeito das doses de K com o uso 180 kg de N na produtividade de colmos (TCH) as doses de K proporcionaram um aumento quadrático no TCH sendo que a dose N de 180 kg combinada com a dose K de 93 kg proporciona uma produtividade de 71,8 t ha<sup>-1</sup> as maiores produtividades (Figura 4A), esses resultados são semelhantes aos encontrados por ORLANDO FILHO et al. (1999), COSTA et al. (2003), VITTI et al. (2007), PRADO e PANCELLI (2008) ao avaliarem diferentes doses de N e por LANA et al. (2004), ROSSETO et al. (2004), UCHÔA et al. (2009) e OTTO et al. (2010) ao avaliarem diferentes doses de K durante o ciclo de cana soca e concluíram que ocorre um decréscimo na produtividade com doses acima de 100 kg de K ha<sup>-1</sup>.

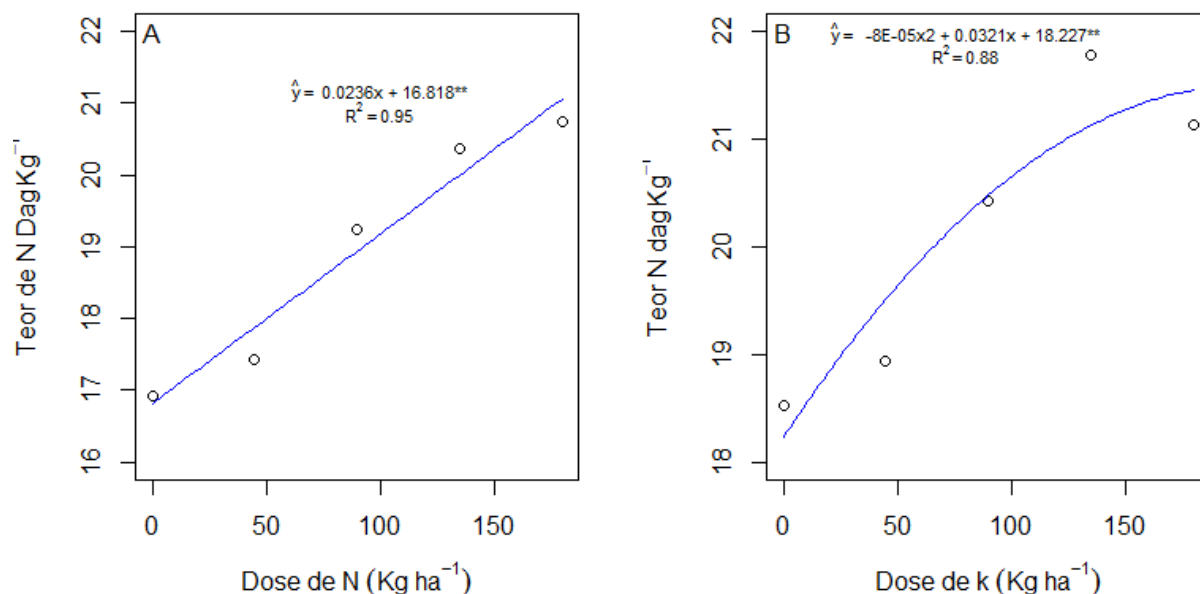
Para a tonelada de Pol por hectare (TPH) o modelo de regressão ajustados, para determinar o efeito das doses de K com o uso 180 kg de N proporcionaram um aumento quadrático no TPH sendo que a dose N de 180 combinada com a dose de 92 kg de K foi a que proporcionou a produção de 10,81 t ha<sup>-1</sup> (Figura 4), sendo observado que as dose mais altas de K diminuíram a TPH, esses resultados corroboram com os encontrados por ROSSETTO et al. (2004).

Para o teor de sacarose aparente (POL), além de não ocorrer diferença significativa entre as doses de N e de K, também não houve diferença entre o manejo com e sem palha e ausência de interação entre esses fatores (Tabela 1), esses resultados são semelhantes ao obtidos por TRIVELIN et al. (2002), VITTI, (2003) e

OTTO et al. (2010), indicando que o manejo da palha, assim como da adubação não interferem nos teores de sacarose das variedades, ou seja, não apresentam efeito sobre a qualidade tecnológica dos colmos. Porém, esses resultados diferem dos encontrados por SILVEIRA e CROCOMO (1990), que demonstraram haver um decréscimo no teor de POL em plantas adubadas com N.

Para o TFN houve diferença significativa entre os manejos com e sem palha, entre as doses de N e K e interação significativa entre o manejo e as doses de N e K, assim como interação entre as doses dos dois nutrientes. De acordo com os desdobramentos dessas interações, foi detectado diferenças entre as doses de N e K nas condições com e sem palha e diferença entre as doses de K em todas as doses de N utilizadas. Com isso, foram ajustados modelos de regressão para determinar o efeito das doses de N na condição com palha e o efeito das doses de K com a utilização de 180 Kg de N por hectare (Figura 5) sob o teor foliar de nitrogênio (TFN). Conforme a análise de regressão, o maior acúmulo de nitrogênio foliar foi proporcionado pelas doses de 180 kg de N proporcionando o teor foliar de N 20,75 decagrama por quilograma ( $\text{dag kg}^{-1}$ ). Já com a aplicação de 180 kg de N a dose de K que proporcionou o maior teor de N foliar foi 135 kg de K, com o teor de N 21,78  $\text{dag kg}^{-1}$ .

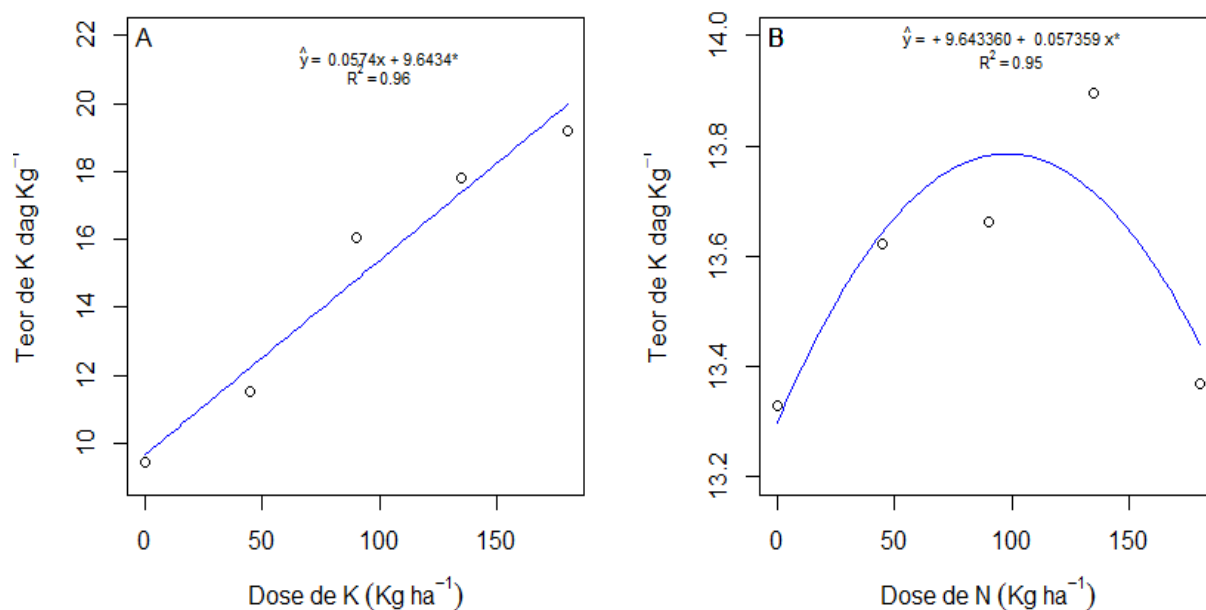
O maior teor de N na cana crua, pode estar associada à contribuição da palha na liberação de nutrientes. Considerando que a matéria orgânica é uma das principais fontes de N em solos tropicais, onde a mineralogia e o grau de intemperismo resultam em baixa reserva de nutrientes, a preservação da palhada na colheita sem a queima contribuiu para manutenção e o aumento da fertilidade do solo. Avaliando a degradação e a contribuição da palhada de cana-de-açúcar em termos de macronutrientes, FORTES (2010) e FRANCO et al. (2007), observaram que no ano seguinte o material remanescente houve a liberação de 10% do N contido na palhada.



**Figura 5-** Teor foliar de N em função da dose de N com palha (A) e da dose de K com o uso de 180 Kg de N por hectare (B), da variedade RB867515 cultivada na Usina Alto Alegre S.A de Álcool e Açúcar, Unidade Junqueira, no município de Colorado– PR, Brasil, 2016.

Para o TFK houve diferença significativa entre os manejos com e sem palha, entre as doses de N e K e interação significativa entre o manejo e as doses de K (Tabela 1). De acordo com o desdobramento dessa interação, houve diferenças entre as doses de K nas condições com e sem palha, porém, foi ajustado um modelo de regressão para determinar o efeito das doses de K na condição com palha (Figura 6), tendo em vista que houve diferença significativa entre as condições com e sem palha e a presença da palha apresentou as maiores médias.

A presença da palha proporcionou os melhores resultados, por conta da liberação do K contido na palhada. OLIVEIRA et al. (1999) avaliando a influência da aplicação de uréia e vinhaça na degradação da lignocelulose e na liberação dos nutrientes da palhada de cana-de-açúcar verificou que o K foi o nutriente mais liberado pela palhada. A facilidade na liberação do K deve-se ao fato desse nutriente estar na forma iônica (MARSCHNER, 1995).



**Figura 6-** Teor foliar de potássio em função da dose de K na condição com palha (A), Teor foliar de potássio em função da dose de N na condição com palha (B), da variedade RB867515 cultivada na Usina Alto Alegre S.A de Álcool e Açúcar, Unidade Junqueira, no município de Colorado- PR, Brasil, 2016.

#### 4 CONCLUSÃO

A presença da palha na cobertura do solo proporcionou os maiores valores de número de colmos por metro, massa de um colmo, teor foliar de nitrogênio e teor foliar de potássio.

Houve resposta a aplicação de diferentes doses de nitrogênio e potássio nos caracteres massa de um colmo, tonelada de cana por hectare, tonelada de POL por hectare e teor foliar de nitrogênio.

## REFERÊNCIAS

- CASAGRANDE, A.A. **Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar**. Jaboticabal: Funep, 1991. 157p.
- CONAB (COMPANIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO). **Acomp. safra bras. cana**, v.3 - Safra 2016/17, Primeiro levantamento, abril de 2016.
- COSTA, M.C.G., VITTI, G.C., CANTARELLA, H. N-NH<sub>3</sub> losses from nitrogen sources applied over unburned sugarcane straw. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.631-637, 2003.
- DILLEWIJN, C. Botany of sugar cane. **Walthen: Chronica Botanica**, p.136-141. 359p, 1952.
- EMBRAPA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed., 2013. 353p.
- FIGUEIREDO, P. A. M. Particularidades a respeito do potássio. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.24, p.25, 2006.
- FORTES, C. Produtividade de cana-de-açúcar em função da adubação nitrogenada e da decomposição da palhada em ciclos consecutivos 2010. Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, 2010 (**Tese de Doutorado**).
- FRANCO, H.C.J., VITTI, A.C., FARONI, C.E., CANTARELLA, H., TRIVELIN, P.C.O. Estoque denutrientes em resíduos culturais incorporados ao solo na reforma de áreas com cana-de-açúcar. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.25, p.32-36, 2007.
- HAWKESFORD, M., HORST, W., KICHEY, T., LAMBERS, H., SCHJOERRING, J., MOLLER, S. I., WHITE, P. Functions of macronutrients. In: Marschner, P. (ed.). **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. 2012. cap.6, p.135-189.
- KEULEN, H., STOL, W. Quantitative aspects of nitrogen nutrition in crops. **Fertilizer Research**, v.27, p.151-160, 1991.
- KÖPPEN, W., GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. **Wall-map**.
- LANA, R.M.Q., ZANÃO JÚNIOR, L.A., KORNDORFER, G.H. & MACIEL JUNIOR, V.A. Parcelamento da adubação potássica na cana-planta. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.23, p.28-31, 2004.
- MALAVOLTA, E., VITTI, G. C., OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: **Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato**, 1997. 319p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. New York: Academic Press, 1995. 874p.

NOVAIS, R. F., SMITH, T. J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. **Viçosa: Universidade Federal de Viçosa**, 1999. 399p.

OLIVEIRA, M. W., TRIVELIN, P. C. O., GAVA, G. J. C., Penatti, C. P. Degradação da palhada de cana-de-açúcar. *Scientia Agricola*, v.56, p.803-809, 1999.

ORLANDO FILHO, J., RODELLA, A.A., BELTRAME, J.A., LAVORENTI, N.A. Doses, fontes e formas de aplicação de nitrogênio em cana-de-açúcar. *STAB - Açúcar, Alcool e Subprodutos*, v.17, p.39-41, 1999.

OTTO, R., VITTI, G. C., LUZ, P. H. C. DE. Manejo da adubação potássica na cultura da cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.34, p.1137-1145, 2010.

PRADO, R.M., PANCELLI, M.A. Resposta de soqueiras de cana-de-açúcar à aplicação de nitrogênio em sistema de colheita sem queima. **Bragantia**, v.67, p.951-959, 2008.

R DEVELOPMENT CORE TEAM (2015). **R version 3.2.0: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.

ROSSETTO, R., SPIRONELLO, A., CANTARELLA, H., QUAGGIO, J.A. Calagem para a cana-de-açúcar e sua interação com a adubação potássica. **Bragantia**, v.63, p.105-119, 2004.

SAGE, R. F., ZHU, X-G. Exploiting the engine of C4 photosynthesis. **Journal of Experimental Botany**, v.62, p.2989-3000, 2011.

SILVEIRA, J. A. G., CROCOMO, O. J. Assimilação de nitrogênio em cana-de-açúcar cultivada em presença de elevado nível de n e de vinhaça no solo. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.2, p.7-15, 1990.

SILVEIRA, L. C. I. DA. Melhoramento genético da cana-de-açúcar para obtenção de cana energia. UFPR- Universidade Federal do Paraná, 2015. 84p. **(Tese de Doutorado)**.

THORBURN, P.J., BIGGS, J.S., COLLINS, K., PROBERT, M.E. Using the APSIM model to estimate nitrous oxide emissions from diverse Australian sugarcane production systems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.136, p.343-350, 2010.

TRIVELIN, P.C.O., OLIVEIRA, M.W. de, VITTI, A.C., GAVA, G.J. de C.; BENDASSOLLI, J.A. Perdas de nitrogênio da uréia no sistema solo-planta em dois ciclos de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.193-201, 2002.

UCHÔA, S. C. P., ALVES JÚNIOR, H. O., ALVES, J. M. A., MELO, V. F., FERREIRA, G. B. Resposta de seis variedades de cana-de-açúcar a doses de potássio em

ecossistema de cerrado de Roraima. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.40, p.505-513, 2009.

VITTI, A.C., TRIVELIN, P.C.O., GAVA, G.J.C. Produtividade da cana-de-açúcar relacionada ao nitrogênio residual da adubação e do sistema radicular. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.249-256, 2007.

VITTI, A.C. Adubação nitrogenada da cana-de-açúcar (soqueira) colhida mecanicamente sem a queima prévia: manejo e efeito na produtividade. Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, 2003. 114p. (**Tese de Doutorado**)

VITTI, A.C. Utilização pela cana-de-açúcar (cana planta) do nitrogênio da uréia (15N) e do mineralizado no solo em sistemas de manejo com e sem a queima. Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, 1998. 93p. (**Dissertação de Mestrado**).



### **CAPITULO III**

## **DECOMPOSIÇÃO DA PALHADA DE CANA-DE-AÇÚCAR NO ESTADO DO PARANÁ, EM DOIS SISTEMAS DE PREPARO DO SOLO**

### **RESUMO**

A colheita mecanizada de cana crua tem-se intensificado, como alternativa de substituição da falta de mão de obra na colheita manual e em função das leis estaduais da eliminação gradativa da queima. O fato de não queimar a cana-de-açúcar faz com que tenhamos sob a superfície do solo, uma camada de palha expressiva. A decomposição da palha disponibilizará nutrientes que serão incorporados ao solo e absorvidos pela planta. O objetivo desse trabalho foi avaliar durante o ciclo de cana soca o efeito do tempo na degradação da palhada, observando a disponibilidade de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), em dois sistemas de preparo do solo. No sistema de preparo do solo profundo canterizado realizado na Usina de Açúcar Santa Terezinha Ltda – Matriz – Iguatemi, no município de Nova Esperança-PR e o sistema de preparo do solo convencional na Usina Alto Alegre S.A de Álcool e Açúcar- Filial Colorado, no município de Colorado-PR. Cada unidade experimental foi constituída 0,6 m x 0,6 m (área útil de 0,36 m<sup>2</sup>), estando localizada ao lado da linha dupla central, sendo esta, usada na determinação da quantidade de massa seca por hectare. A palhada foi coletada a cada 15 dias por três meses e depois a cada 30 dias por nove meses para determinação da matéria seca e quantificação dos nutrientes (N, P, K, Ca e Mg) estimando assim a degradação da palhada (DP), o nitrogênio disponível (ND), o fósforo disponível (PD); o potássio disponível (KD); o cálcio disponível (CaD) e o magnésio disponível (MgD). A decomposição da palhada no sistema convencional disponibilizou mais os nutrientes nitrogênio e potássio (114,93 e 149,30 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente). Os sistemas de preparo do solo influenciaram na disponibilização dos nutrientes pela palhada e o sistema de preparo de solo convencional apresenta o melhor desempenho para os caracteres avaliados.

**Palavras-chave:** *Saccharum spp.*, Degradação da palhada, Cana-Soca, Nitrogênio, Potássio, Fósforo, Cálcio, Magnésio, Sistemas de Preparo.

### CHAPTER III

## DECOMPOSITION OF THE SUGAR CANE SUCK IN THE STATE OF PARANÁ, IN TWO SOIL PREPARATION SYSTEMS

### ABSTRACT

The mechanized harvesting of raw cane has intensified, as an alternative to replace the lack of labor in manual harvesting and in accordance with the state laws of the gradual elimination of the burning. The fact that we do not burn sugarcane causes us to have a layer of expressive straw beneath the surface of the soil. Straw decomposition will provide nutrients that will be incorporated into the soil and absorbed by the plant. The objective of this study was to evaluate the effect of time on straw degradation during the cane cycle, observing the availability of nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca) and magnesium (Mg), In two soil preparation systems. In the system of preparation of the deep canterizado soil realized in Sugar Plant Santa Terezinha Ltda - Matrix - Iguatemi, in the municipality of Nova Esperança-PR and the conventional soil preparation system in Usina Alto Alegre S.A. of Alcohol and Sugar- Branch Colorado, in the Municipality of Colorado-PR. Each experimental unit was 0,6m x 0,6m (0,36m<sup>2</sup>), located next to the central double line, which is used to determine the amount of dry mass per hectare. The straw was collected every 15 days for three months and then every 30 days for nine months for determination of dry matter and nutrient quantification (N, P, K, Ca and Mg), thus estimating straw degradation (DP) The available nitrogen (ND), the available phosphorus (PD); Available potassium (KD); The available calcium (CaD) and the available magnesium (MgD). The decomposition of straw in the conventional system made the nutrients nitrogen and potassium more available (114,93 and 149,30 kg ha<sup>-1</sup>, respectively). Soil preparation systems influenced the availability of nutrients by straw and the conventional tillage system presented the best performance for the characters evaluated.

**Keywords:** Saccharum spp., Degradation of straw, Sugarcane, Nitrogen, Potassium, Phosphorus, Calcium, Magnesium, Preparation systems.

## 1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma planta perene, pertencente à família Poaceae e ao gênero *Saccharum* é uma das principais culturas agrícolas no Brasil, o maior produtor mundial (CONAB, 2016).

Para o Brasil, a cana-de-açúcar apresenta elevada importância econômica e agrícola, sendo que na safra 2016/17, a cultura da cana-de-açúcar continua em expansão. A previsão é que o Brasil tenha um acréscimo na área colhida de cerca de 419,5 mil hectares, equivalendo a 4,8% em relação à safra 2015/16. A área cultivada com cana-de-açúcar que será colhida e destinada à atividade sucroalcooleira na safra 2015/16 foi de 8654,2 mil hectares, distribuídas em todos os estados produtores. O Estado do Paraná é o quinto maior produtor nacional, da cana-de-açúcar com uma área cultiva da safra atual, de 515,7 mil hectares, representando 6,20% da produção nacional, e produção total de 41.286,1 mil toneladas de cana-de-açúcar com produtividade média de 80,06 t ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2016).

A queima dos canaviais foi uma prática constante, por muito tempo em todas nas regiões produtoras de cana-de-açúcar do Brasil, porém, com a mudança do sistema de colheita manual com queima (cana queimada), para colheita mecanizada sem queima (cana crua) proporcionou alterações nas propriedades químicas e físicas do solo (ROQUE et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2014) em virtude da permanência da palhada na sua superfície, acumulando uma quantidade considerável de matéria orgânica (THORBURN et al., 2012).

A permanência da palhada contribui com à adição de macro e micro nutrientes potencialmente disponíveis para reduzir a demanda por adubação, além de aumentar a quantidade de matéria orgânica, melhorando a capacidade de infiltração da água e das raízes no solo, contribuindo para uma maior produtividade (MEIER et al., 2006; BEZERRA e CANTALICE, 2009).

A palhada pode variar entre 10 a 30 t ha<sup>-1</sup>, dependendo da variedade utilizada, da época de corte e da produtividade do canavial (VITTI et al., 2007). Estima-se que o processo de queima dos canaviais pode gerar entre 40 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio (N), 15 a 30 kg ha<sup>-1</sup> de enxofre (S) e aproximadamente 4.500 kg ha<sup>-1</sup> de carbono (C) (RESENDE et al., 2006).

Avaliando a decomposição e a contribuição nutricional da palhada de cana-de-açúcar após três safras, foi detectado a liberação de 31% do N contido na palhada, 23% do fósforo (P) e 92% do potássio (K), além de 54% do cálcio (Ca) e 7% do magnésio (Mg). Pode ocorrer variações nos teores de C e macronutrientes, a depender da variedade estudada, do ambiente de produção, das condições climáticas, da intensidade de mineralização da matéria orgânica adicionada à superfície do solo e do seu teor, da relação C:N, da temperatura, da umidade e do manejo do solo (Gava et al., 2003; Fortes et al., 2010).

O objetivo desse trabalho foi avaliar a dinâmica da decomposição da palhada de cana-de-açúcar acumulada no solo após a colheita mecanizada sem prévia despalha a fogo, durante um ciclo de cultivo em duas localidades no estado do Paraná.

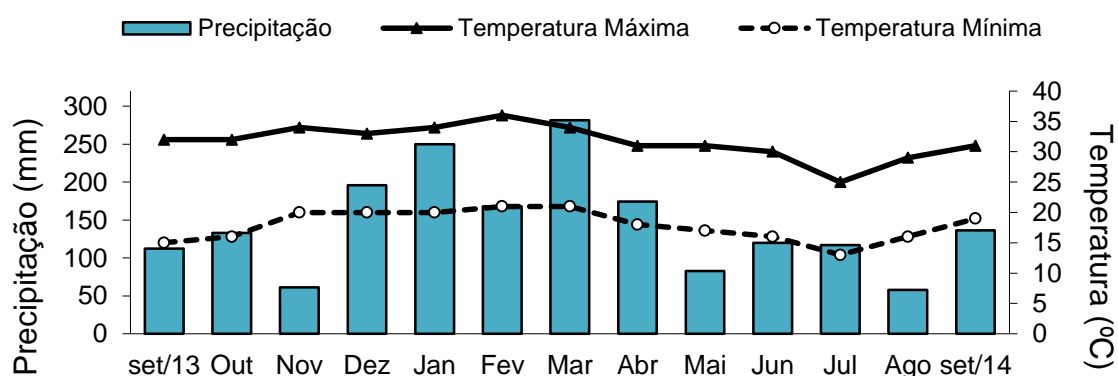
## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Os Experimentos (I e II) foram instalados em dois municípios do estado do Paraná, Brasil e as avaliações realizadas na safra de 2014.

O Experimento I foi realizado na Usina de Açúcar Santa Terezinha Ltda - Matriz-Iguatemi, a área experimental estava localizada no município de Nova Esperança, no estado do Paraná (Latitude 23°22' S, Longitude 52°17' W, altitude 542 m), região sul do Brasil.

O solo do experimento foi classificado como Latossolo Vermelho álico (EMBRAPA, 2013). Os resultados da análise das características granulométricas do solo da área experimental, na camada 0,00-0,20 metros foram: argila = 180 g kg<sup>-1</sup>; silte = 30 g kg<sup>-1</sup> e areia = 790 g kg<sup>-1</sup> e de 0,20 – 0,40 metros foram: 200 g kg<sup>-1</sup>; silte = 30 g kg<sup>-1</sup> e areia = 770 g kg<sup>-1</sup>. Com relação aos resultados da análise das características químicas do solo da área experimental, foram avaliadas nas camadas de 0,00-0,20 e de 0,20 – 0,40 metros. Na camada de 0,00-0,20 metros foram: pH (CaCl<sub>2</sub>) = 5,20; M.O = 5,6%; P (Mehlich-1) = 10,6 mg dm<sup>-3</sup>; K = 0,39 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca = 0,66 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg= 0,24 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H+Al= 3,8 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e V% = 60,7 %. Na camada de 0,20-0,40 metros os valores da análise química foram: pH (CaCl<sub>2</sub>) = 5,20; M.O = 4,60 g dm<sup>-3</sup>; P (Mehlich-1) = 5,89 mg dm<sup>-3</sup>; K = 0,30 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca = 5,52 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg= 3,19 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H+Al= 4,20 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e V% = 68,21%.

O clima da região é do tipo subtropical úmido Cfa (Köppen). No período de condução do experimento entre os meses de setembro de 2013 e setembro de 2014 a temperatura média foi de 24,8°C na primavera, 27,3°C no verão, 25,3°C no outono e 21,5°C no inverno. A precipitação variou de 58 mm no mês de agosto a 281,5 mm, no mês de março, com média de 1891,5 mm ano<sup>-1</sup>, sem ocorrência de geadas (Figura 1).

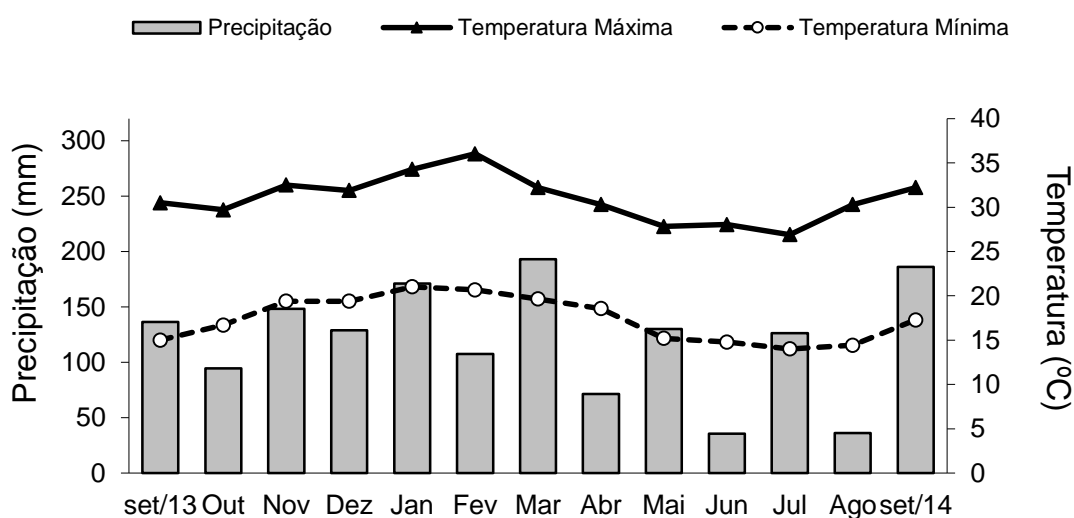


**Figura 1-** Precipitação e temperaturas máxima e mínima no período de realização do experimento (Setembro 2013 a setembro 2014) na Usina de Açúcar Santa Terezinha Ltda - Matriz- Iguatemi, no município de Nova Esperança - PR, Brasil, 2016.

O Experimento II foi realizado na Usina Alto Alegre S.A de Álcool e Açúcar, Filial Colorado, localizada no município de Colorado, no estado do Paraná, situado à 22°54'15" S, 51°56'19" W, e altitude de 400 metros, na região sul do Brasil.

O solo do experimento foi classificado como Latossolo Vermelho álico (EMBRAPA, 2013). Os resultados da análise das características granulométricas do solo da área experimental, na camada 0,00-0,20 metros foram: argila = 90 g kg<sup>-1</sup>; silte = 20 g kg<sup>-1</sup> e areia = 890 g kg<sup>-1</sup> e de 0,20-0,40 metros foram: argila = 120 g kg<sup>-1</sup>; silte = 20 g kg<sup>-1</sup> e areia = 860 g kg<sup>-1</sup>. Com relação aos resultados da análise das características químicas do solo da área experimental, foram avaliadas nas camadas de 0,00-0,20 e de 0,20 – 0,40 metros. Na camada de 0,00-0,20 metros foram: pH (CaCl<sub>2</sub>) = 5,20; M.O = 8,8%; P (Mehlich-1) = 17,6 mg dm<sup>-3</sup>; K = 0,34 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca = 0,079 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg= 0,031 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H+Al= 0,05 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e V% = 70,4 %. Na camada de 0,20-0,40 metros os valores da análise química foram: pH (CaCl<sub>2</sub>) = 5,14; M.O = 6,3 %; P (Mehlich-1) = 9,7 mg dm<sup>-3</sup>; K = 1,9 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca = 0,069 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg= 0,025 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H+Al= 0,17 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e V% = 36,8%.

O clima da região é do tipo subtropical úmido Cfa (Köppen). No período de condução do experimento entre os meses de setembro de 2013 e setembro de 2014 a temperatura média foi de 23,9°C na primavera, 27,4°C no verão, 23,9°C no outono e 21,4°C no inverno. A precipitação variou de 35,2 mm no mês de agosto a 193 mm, no mês de março, com média de 1.565,4 mm ano<sup>-1</sup>, sem ocorrência de geadas (Figura 2).



**Figura 2-** Precipitação e temperaturas máxima e mínima no período de realização do experimento (Setembro 2013 a setembro 2014), na Usina Alto Alegre S.A de Álcool e Açúcar, Unidade Junqueira, no município de Colorado- Pr, Brasil, 2016.

Para a implantação do experimento I, foi realizado o preparo profundo e canterizado do solo utilizando um equipamento denominado de Penta – MAFES. Este equipamento, possui as funções de subsolar com uma haste que trabalha a uma profundidade efetiva de 70 cm, possuindo uma caixa para aplicação de corretivos/adubos em profundidade, uma enxada rotativa destorroadora, que incorpora insumos de 30 a 40 cm de profundidade, e um aleirador, que conduz a palha restante da colheita da cana-de-açúcar no sentido da haste e da enxada rotativa, com a função de incorporá-la ao solo. Por possuir essas cinco funções o aparelho foi denominado de Penta: subsola, aplica corretivo, aleira a palha, incorpora e destorroa. Desse modo, o preparo de solo em profundidade ocorreu somente na faixa onde foi realizado o plantio no espaçamento combinado (1,50 m x 0,90 m).

A adubação de plantio (setembro 2012) foi constituída de 40 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, 150 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo e 120 kg ha<sup>-1</sup> de potássio.

Para a implantação do experimento II, realizou-se o preparo do solo convencional com uma passada de grade aradora e duas de grade niveladora.

A adubação de plantio (setembro 2012) foi constituída de 30 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, 125 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo e 100 kg ha<sup>-1</sup> de potássio, conforme as recomendações a partir da análise de solo para a cultura.

Após o primeiro ano de colheita, na fase denominada cana soca (setembro 2013) iniciaram-se as avaliações dos experimentos. Os experimentos foram conduzidos no delineamento inteiramente casualizados, com quatro repetições e diferentes épocas de coleta da palhada: 1/Set, 15/Set, 30/Set, 15/Out, 30/Out, 15/Nov, 30/Nov, 30/Dez, 30/Jan, 28/Fev, 30/Mar, 30/Abr, 30/Maio, 30/Jun, 30/Jul, 30/Ago. Cada unidade experimental foi constituída de um quadrado feito de cano de pvc, medindo 0,6 x 0,6 m (área útil de 0,36 m<sup>2</sup>), estando localizada ao lado da linha dupla central, em área cultivada com a variedade RB867515, cada unidade experimental foi escolhida aleatoriamente, sendo esta, pesada para a determinação da quantidade inicial de massa seca por hectare. Os pesos foram anotados para a avaliação da decomposição da palhada ao longo da safra, no qual foi realizada por diferença de massa remanescente inicial e final, conforme recomendado por Fortes (2010).

Nas diferentes épocas de avaliação, a amostra de palhada foi recolhida e secada em estufa de circulação forçada de ar a uma temperatura de 65°C, até atingir peso constante, para a determinação da massa seca e posterior quantificação dos nutrientes: nitrogênio (N), fosforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) (EMBRAPA, 2013). As amostras foram enviadas ao laboratório de Nutrição Mineral da Universidade Federal de Viçosa para análise.

Realizou-se análise química da palhada e determinou a massa em kg ha<sup>-1</sup>, na implantação e nos diferentes períodos de coleta, com estes dados foi determinado a quantidade em kg ha<sup>-1</sup> dos nutrientes remanescentes analisados: (N, P, K, Ca e Mg) ao longo da safra, nas épocas analisadas, para a obtenção dos caracteres: degradação da palhada (DP), nitrogênio remanescente (NR); fósforo remanescente (PR); potássio remanescente (KR); cálcio remanescente (CaR) e magnésio remanescente (MgR).

Foi analisada a quantidade de nutrientes disponibilizados ao solo, que é a subtração do teor encontrado na palhada no período de análise com a do período anterior de análise.

Para a avaliação dos efeitos da época de coleta, os dados das variáveis avaliadas foram submetidos a análise de variância, seguidos da análise de regressão para determinar a influência do tempo na disponibilidade de nutrientes e na degradação da palhada. Todas as análises estatísticas foram realizadas usando o programa R (R Development Core Team, 2015).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A média geral para todos os caracteres avaliados na variedade RB867515 são apresentadas na Tabela 1 para o experimento I (preparo utilizando equipamento de preparo profundo e canterizado do solo), e na Tabela 2 para o experimento II (sistema de preparo de solo convencional).

Os coeficientes de variação (CV%) foram baixos, variando de 3,89% para a Potássio remanescente (KR) até 14,98% para Magnésio remanescente (MgR) (Tabelas 1 e 2).

**Tabela 1** - Resumo da análise de variância do experimento I para os caracteres: Decomposição da palhada (DP); nitrogênio remanescente (NR), fósforo remanescente (PR), potássio remanescente (KR), cálcio remanescente (CaR) e magnésio remanescente (MgR), na variedade RB867515 de cana-de-açúcar cultivada, na Usina de Açúcar Santa Terezinha Ltda - Matriz- Iguatemi, no município de Nova Esperança - PR, Brasil, 2016.

GL		Quadrado Médio					
		Equipamento de preparo profundo					
		DR (kg ha <sup>-1</sup> )	NR (kg ha <sup>-1</sup> )	PR (kg ha <sup>-1</sup> )	KR (kg ha <sup>-1</sup> )	CaR (kg ha <sup>-1</sup> )	MgR (kg ha <sup>-1</sup> )
Época	15	73806336**	2547,08**	198,28**	7646.1**	1161.95**	154,87**
Resíduo	48	239553	4,86	0,60	6,0	1,96	0,55
p-valor		2,2x10 <sup>-16</sup>	2,2x10 <sup>-16</sup>	2,2x10 <sup>-16</sup>	2,2x10 <sup>-16</sup>	2,2x10 <sup>-16</sup>	2,2x10 <sup>-16</sup>
CV(%)		4,48	4,19	6,48	3,89	4,24	7,51
Média		10911,29	52,61	11,99	63,08	32,97	9,88



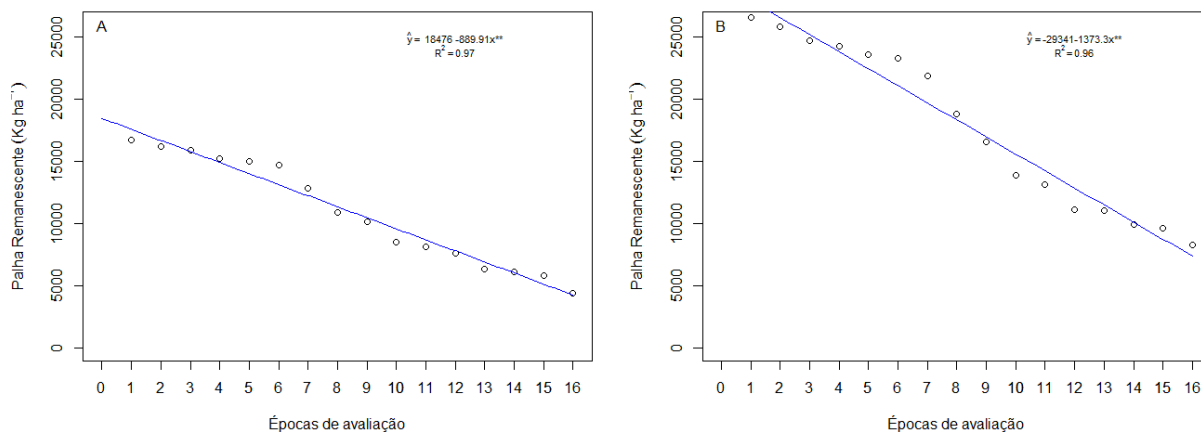
**Tabela 2** - Resumo da análise de variância do experimento II para os caracteres: Decomposição da palhada (DP); nitrogênio remanescente (NR), fósforo remanescente (PR), potássio remanescente (KR), cálcio remanescente (CaR) e magnésio remanescente (MgR), na variedade RB867515 de cana-de-açúcar cultivada, na Usina Alto Alegre S.A de Álcool e Açúcar, Filial Colorado no município de Colorado-PR, Brasil, 2016.

FV	GL	Quadrado Médio					
		Convencional					
		DP (kg ha <sup>-1</sup> )	ND (kg ha <sup>-1</sup> )	PD (kg ha <sup>-1</sup> )	KD (kg ha <sup>-1</sup> )	CaD (kg ha <sup>-1</sup> )	MgD (kg ha <sup>-1</sup> )
Época	15	177212896**	5144,6 **	482,14**	11073,4**	2938,48**	283,60**
Resíduo	48	495376	15,61	0,53	8,30	5,96	0,99
p-valor		2,2x10 <sup>-16</sup>	2,2x10 <sup>-16</sup>	2,2x10 <sup>-16</sup>	2,2x10 <sup>-16</sup>	2,2x10 <sup>-16</sup>	2,2x10 <sup>-16</sup>
CV(%)		3,98	4,66	5,58	5,01	4,12	14,98
Média		17668,09	84,74	13,10	57,48	59,23	6,65

De acordo com a análise de variância das regressões, as equações foram todas significativas ( $p < 0,01$ ), com coeficientes de determinação variando de ( $0,87 \leq R^2 \leq 0,98$ ), indicando que a maioria dos modelos apresentam um bom ajuste, explicando boa parte da variação nos caracteres avaliados.

De acordo com a análise de variância houve diferença significativa entre todas as épocas para todas os caracteres analisados.

A degradação da palhada (DP) foi influenciada pelo aumento de temperatura e incidência da precipitação ocorrida em todas as épocas avaliadas. É possível observar esse comportamento ao comparar as figuras 1, 2 e 3, sendo evidente que nas épocas mais quentes e com incidência de alta precipitação pluviométrica nas épocas 30/Dez e 28/Fev ocorreu uma maior degradação da palhada, o mesmo foi observado em condições semelhantes por OLIVEIRA et al. (1999); STANFORD et al. (1973) sendo que este autor constatou que a cada acréscimo de 10 ° C a taxa de mineralização praticamente dobrou.



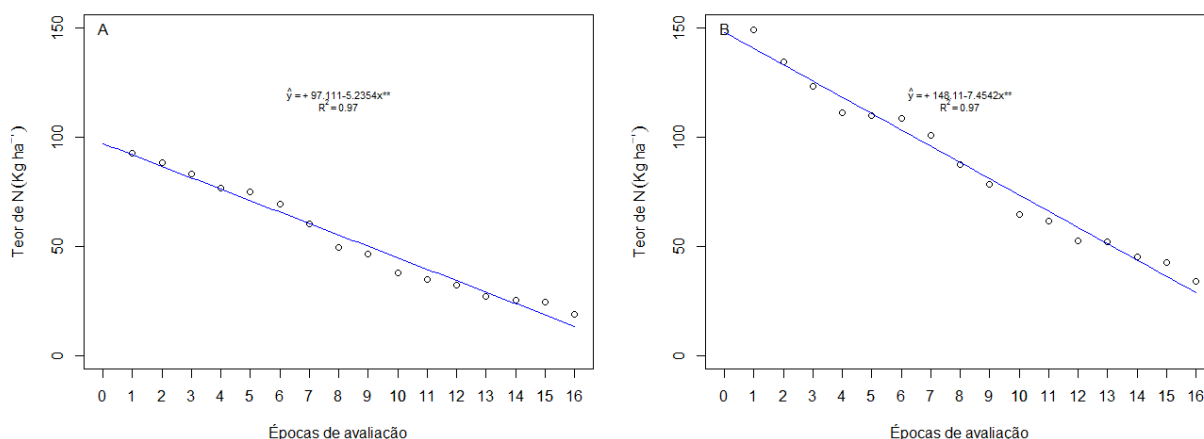
**Figura 3-** Decomposição da palhada (DP) kg ha<sup>-1</sup> da variedade RB867515, em diferentes épocas de coleta (Setembro 2013 a setembro 2014), 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 correspondente respectivamente a 1/ Set, 15/Set, 30/Set, 15/Out, 30/Out, 15/Nov, 30/Nov, 30/Dez, 30/Jan, 28/Fev, 30/Mar, 30/Abr, 30/Mai, 30/Jun, 30/Jul, 30/Ago, nos sistemas de preparo de solo: (A) Preparo do solo utilizando equipamento de preparo profundo e canterizado, na Usina de Açúcar Santa Terezinha Ltda - Matriz- Iguatemi no município de Nova Esperança-Paraná, Brasil, (B) Preparo do solo convencional, na Usina Alto Alegre S.A de Álcool e Açúcar, Filial Colorado no município de Colorado - Paraná, Brasil, 2016.

A degradação da palhada pode ser favorecida e acentuada nas épocas mais quentes e com incidência de alta precipitação pluviométrica (Janeiro a Março/2014) sendo assim, a decomposição da palhada aumenta nos períodos chuvosos, com isso ocorre um favorecimento da decomposição de acordo com a disponibilidade hídrica até tensões de aproximadamente 0,0003 MPa, sendo que em tensões menores o oxigênio torna-se um fator limitante a atividade microbiana (CASSMAN e MUNNS, 1980).

A redução da massa seca da palhada nas épocas analisadas foi de aproximadamente 18308,36 kg ha<sup>-1</sup> no sistema de preparo de solo convencional, e de 12281,53 kg ha<sup>-1</sup> utilizando equipamento de preparo profundo e canterizado do solo (Tabelas 1 e 2), estes resultados estão de acordo com os observados por ABRAMO FILHO (1995) e FORTES (2010) que observaram uma redução da material seca de até 70%.

Conforme a Figura 4 observa-se que no sistema de preparo de solo utilizando equipamento de preparo profundo canterizado do solo houve uma maior estabilidade relativa aos valores de disponibilidade de N por ha, nos seis primeiros períodos observados (0 à 75 dias). O sistema convencional, nos primeiros períodos obteve valores crescentes. No sistema de preparo de solo utilizando equipamento de preparo profundo e canterizado do solo a maior disponibilidade de N entre períodos, foi no

período decimo quarto respectivo ao mês de junho, em torno de  $25,37 \text{ kg ha}^{-1}$ , sendo que no sistema convencional, foi disponibilizado  $45,34 \text{ kg ha}^{-1}$  e  $34,05 \text{ kg ha}^{-1}$  no último período observado, ou seja, um ano após o início do experimento, onde no sistema de preparo de solo utilizando equipamento de preparo profundo canterizado do solo foi disponibilizado  $18,90 \text{ kg ha}^{-1}$  no último período observado (Figuras 4A e 4B), estes resultados estão de acordo com os observados por NG KEE KWONG et al. (1987).

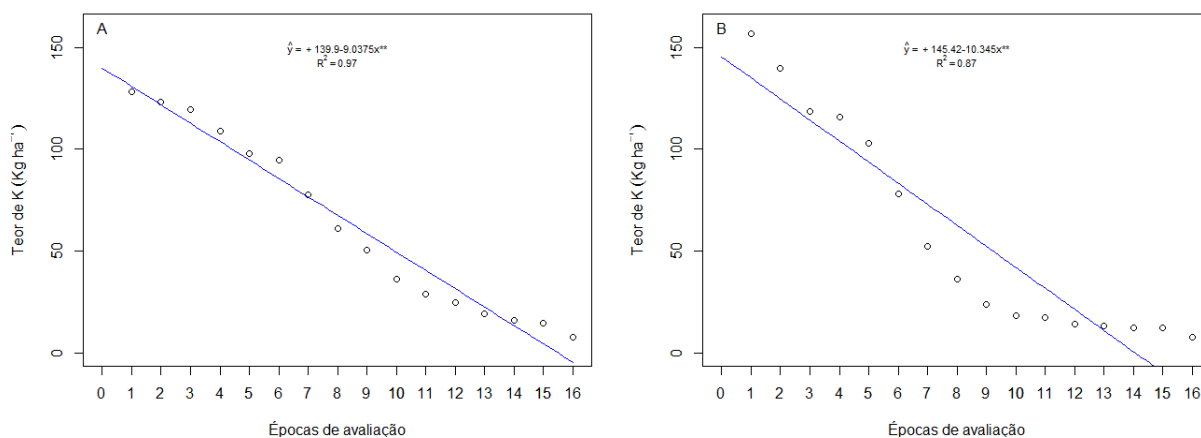


**Figura 4-** Nitrogênio disponível na palha em  $\text{kg ha}^{-1}$  da variedade RB867515, em diferentes épocas de coleta (Setembro 2013 a setembro 2014), 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 correspondente respectivamente a 1/ Set, 15/Set, 30/Set, 15/Out, 30/Out, 15/Nov, 30/Nov, 30/Dez, 30/Jan, 28/Fev, 30/Mar, 30/Abr, 30/Mai, 30/Jun, 30/Jul, 30/Ago, nos sistemas de preparo de solo: (A) Preparo do solo utilizando equipamento de preparo profundo e canterizado do solo, na Usina de Açúcar Santa Terezinha Ltda - Matriz- Iguatemi no município de Nova Esperança-Paraná, Brasil, (B) Preparo do solo convencional, na Usina Alto Alegre S.A de Alcool e Açúcar, Filial Colorado no município de Colorado- Paraná, Brasil, 2016.

O potássio teve elevada grande disponibilização, comparando o teor encontrado nas épocas analisadas, sendo que na época de coleta decima segunda correspondente ao mês de abril, foi disponibilizado  $13,97 \text{ kg ha}^{-1}$  de K no sistema convencional e  $24,84 \text{ kg ha}^{-1}$  no sistema de preparo de solo utilizando equipamento de preparo profundo e canterizado do solo, sendo explicado pelo fato de que o K não constitui nenhum composto da planta, e está presente na forma iônica (MALAVOLTA et al., 1989), com isso a sua saída é facilitada com o rompimento da membrana plasmática e com a incidência da precipitação pluviométrica.

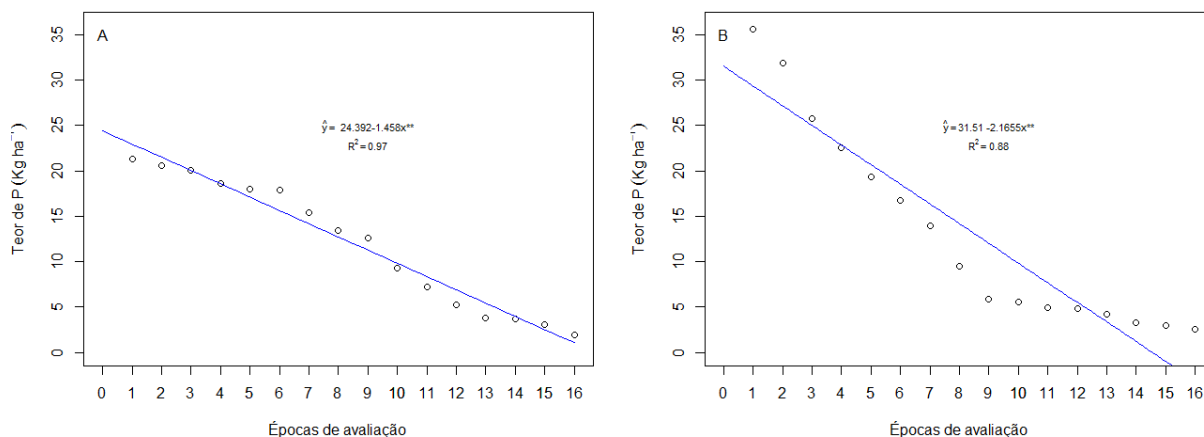
Foi observado que o potássio disponibilizado pela palhada no sistema convencional de preparo do solo obteve uma maior disponibilidade desde as primeiras épocas analisadas, assim diferenciando do potássio disponível no sistema de preparo de solo utilizando equipamento de preparo profundo canterizado do solo, pois este

obteve uma maior estabilidade nas cinco primeiras épocas analisadas (Figuras 5A e 5B).



**Figura 5-** Potássio disponibilizado kg ha<sup>-1</sup> da variedade RB867515, em diferentes épocas de coleta (Setembro 2013 a setembro 2014), 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 correspondente respectivamente a 1/ Set, 15/Set, 30/Set, 15/Out, 30/Out, 15/Nov, 30/Nov, 30/Dez, 30/Jan, 28/Fev, 30/Mar, 30/Abr, 30/Mai, 30/Jun, 30/Jul, 30/Ago, nos sistemas de preparo de solo: (A) Preparo do solo utilizando equipamento de preparo profundo e canterizado do solo, na Usina de Açúcar Santa Terezinha Ltda - Matriz- Iguatemi no município de Nova Esperança-Paraná, Brasil, (B) Preparo do solo convencional, na Usina Alto Alegre S.A de Álcool e Açúcar, Filial Colorado no município de Colorado-Paraná, Brasil, 2016.

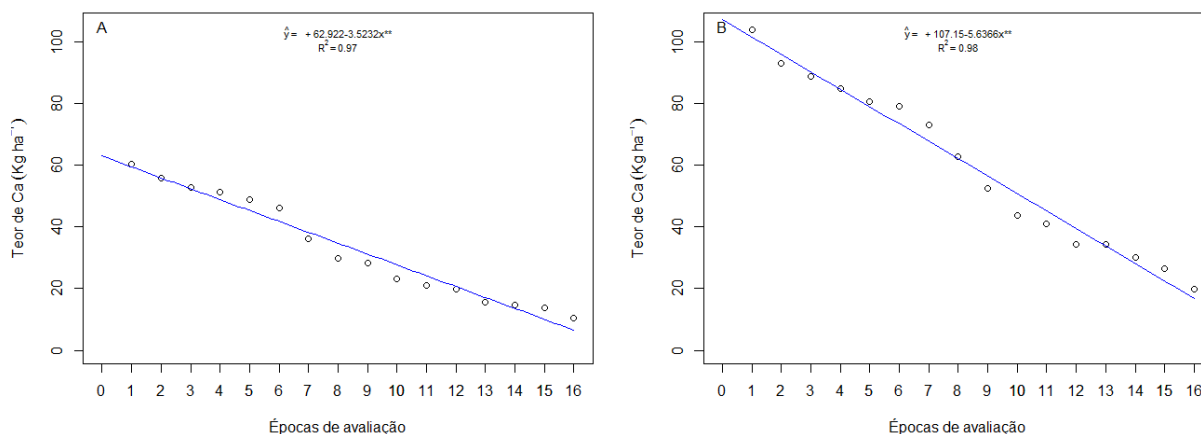
O fósforo disponibilizado pela palhada no sistema de preparo de solo utilizando equipamento de preparo profundo canterizado do solo, apresentou uma maior estabilidade na disponibilidade por hectare, nos primeiros períodos observados, sendo caracterizado pelos valores de P disponível por ha nos seis primeiros períodos. No sistema convencional houve valores cada vez maiores de P disponível nos primeiros períodos, com isto mostrando que neste sistema o nutriente foi disponibilizado cada vez mais. No sistema de preparo de solo utilizando equipamento de preparo profundo e canterizado do solo, a maior disponibilidade de P entre épocas analisadas foi na decima quarta, respectivo ao mês de junho, em torno de 3,66 kg de P ha<sup>-1</sup> no sistema convencional, também foi na época decima quarta em torno de 3,32 kg de P ha<sup>-1</sup>. Após um ano de condução do experimento, ou seja, no último período observado, no sistema de preparo de solo utilizando equipamento de preparo profundo e canterizado do solo, a palhada estava disponibilizando 1,92 kg de P ha<sup>-1</sup> já no sistema convencional foi de 2,60 kg de P ha<sup>-1</sup> (Figura 6A e 6B).



**Figura 6-** Fósforo disponibilizado kg ha<sup>-1</sup> da variedade RB867515, em diferentes épocas de coleta (Setembro 2013 a setembro 2014), 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 correspondente respectivamente a 1/ Set, 15/Set, 30/Set, 15/Out, 30/Out, 15/Nov, 30/Nov, 30/Dez, 30/Jan, 28/Fev, 30/Mar, 30/Abr, 30/Mai, 30/Jun, 30/Jul, 30/Ago, nos sistemas de preparo de solo: (A) Preparo do solo utilizando equipamento de preparo profundo e canterizado do solo, na Usina de Açúcar Santa Terezinha Ltda - Matriz- Iguatemi no município de Nova Esperança-Paraná, Brasil, (B) Preparo do solo convencional, na Usina Alto Alegre S.A de Álcool e Açúcar, Filial Colorado no município de Colorado-Paraná, Brasil, 2016.

O cálcio disponibilizado pela palhada no sistema de preparo de solo utilizando equipamento de preparo profundo e canterizado do solo, apresentou uma maior estabilidade na disponibilidade por hectare, nos primeiros períodos observados sendo caracterizado pelos valores de Ca disponível por hectare nos seis primeiros períodos já no sistema convencional, obteve valores cada vez maiores nos primeiros períodos, com isto mostrando que o nutriente foi disponibilizado cada vez mais. No sistema de preparo de solo utilizando equipamento de preparo profundo canterizado do solo, a maior disponibilidade de Ca foi na época decima quarta respectivo ao mês de junho, em torno de 14,83 kg ha<sup>-1</sup>, já no sistema convencional, foi na época decima segunda respectivo ao mês de abril em torno de 34,31 kg ha<sup>-1</sup>.

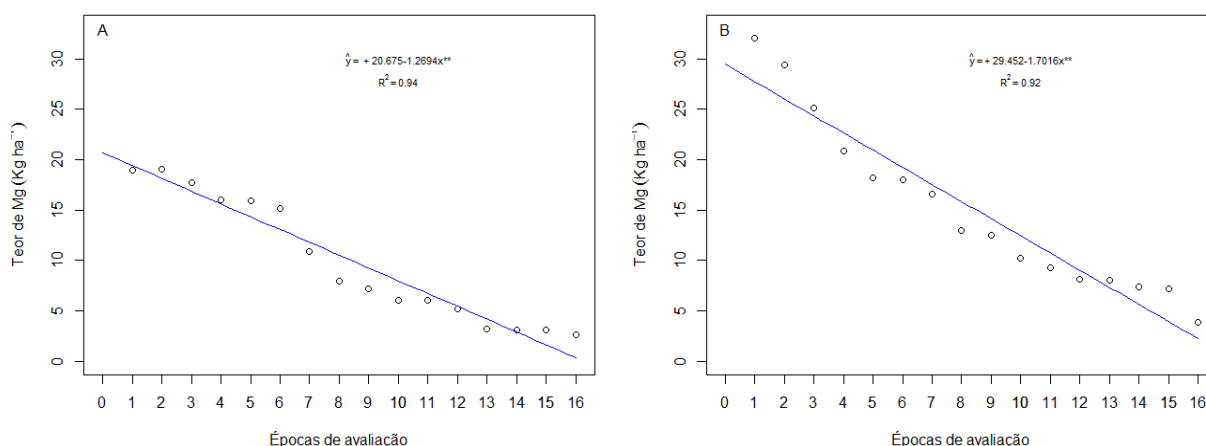
Após um ano de condução do experimento, ou seja, na última época observado no sistema de preparo de solo utilizando equipamento de preparo profundo e canterizado do solo, a palhada estava disponibilizando 10,36 kg de Ca ha<sup>-1</sup>, já no sistema convencional foi de 19,78 kg de Ca ha<sup>-1</sup> (Figura 7A e 7B).



**Figura 7-** Cálcio disponibilizado  $\text{kg ha}^{-1}$  da variedade RB867515, em diferentes épocas de coleta (Setembro 2013 a setembro 2014), 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 correspondente respectivamente a 1/ Set, 15/Set, 30/Set, 15/Out, 30/Out, 15/Nov, 30/Nov, 30/Dez, 30/Jan, 28/Fev, 30/Mar, 30/Abr, 30/Mai, 30/Jun, 30/Jul, 30/Ago, nos sistemas de preparo de solo: (A) Preparo do solo utilizando equipamento de preparo profundo e canterizado do solo, na Usina de Açúcar Santa Terezinha Ltda - Matriz- Iguatemi no município de Nova Esperança-Paraná, Brasil, (B) Preparo do solo convencional, na Usina Alto Alegre S.A de Álcool e Açúcar, Filial Colorado no município de Colorado-Paraná, Brasil, 2016.

O magnésio disponibilizado pela palhada no sistema de preparo de solo utilizando equipamento de preparo profundo e canterizado do solo, apresentou uma maior estabilidade na disponibilidade por hectare, nos primeiros períodos observados sendo caracterizado pelos valores de Mg disponível por ha nas seis primeiras épocas já no sistema convencional figura 8 (B), obteve valores cada vez maiores nas primeiras épocas, com isto mostrando que o nutriente foi disponibilizado cada vez mais. No sistema de preparo de solo utilizando equipamento de preparo profundo e canterizado do solo, a maior disponibilidade de Mg foi época de coleta decima quarta respectivo ao mês de junho, em torno de  $3,15 \text{ kg ha}^{-1}$ . No sistema convencional, foi na mesma época com  $7,35 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Após um ano de condução do experimento, ou seja, na última época de coleta observado no sistema de preparo de solo utilizando equipamento de preparo profundo e canterizado do solo a palhada estava disponibilizando  $2,62 \text{ kg de Mg ha}^{-1}$ . No sistema convencional após um ano  $3,84 \text{ kg de Mg ha}^{-1}$  (Figura 8A e 8B).



**Figura 8-** Magnésio disponibilizado kg ha<sup>-1</sup> da variedade RB867515, em diferentes épocas de coleta (Setembro 2013 a setembro 2014), 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 correspondente respectivamente a 1/ Set, 15/Set, 30/Set, 15/Out, 30/Out, 15/Nov, 30/Nov, 30/Dez, 30/Jan, 28/Fev, 30/Mar, 30/Abr, 30/Mai, 30/Jun, 30/Jul, 30/Ago, nos sistemas de preparo de solo: (A) Preparo do solo utilizando equipamento de preparo profundo e canterizado do solo, na Usina de Açúcar Santa Terezinha Ltda - Matriz- Iguatemi no município de Nova Esperança-Paraná, Brasil, (B) Preparo do solo convencional, na Usina Alto Alegre S.A de Álcool e Açúcar, Filial Colorado no município de Colorado-Paraná, Brasil, 2016.

## 4 CONCLUSÃO

De acordo com a decomposição da palha a degradação da mesma é favorecida e acentuada nas épocas mais quentes e com incidência de alta precipitação pluviométrica.

O Nitrogênio e o potássio foram os nutrientes mais disponibilizados no sistema, já o cálcio foi o nutriente menos disponibilizado.

## REFERÊNCIAS

- ABRAMO FILHO, J. Decomposição da palha de cana-de-açúcar em canavial colhido sem queima, mecanicamente. 1995 91 p. - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 1995. Dissertação (**Dissertação de Mestrado**).
- BEZERRA, S. A., CANTALICE, J. R. B. Influência da cobertura do solo nas perdas de água e desagregação do solo em entressulcos. **Revista Caatinga**, v.22, p.18-28, 2009.
- CASSMAN, K.G., MUNNS, D.N. Nitrogen mineralization as affected by soil moisture, temperature, and depth. **Soil Science Society of America Journal**, v.44, p.1233-1237, 1980.

CONAB (COMPANIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO). **Acomp. safra bras. cana**, v.3 - Safra 2016/17, Primeiro levantamento, abril de 2016.

EMBRAPA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

FORTES, C. Produtividade de cana-de-açúcar em função da adubação nitrogenada e da decomposição da palhada em ciclos consecutivos. Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010, 153p. (**Tese de Doutorado**).

GAVA, G.J.C., TRIVELIN, P.C.O., VITTI, A.C., OLIVEIRA, M.W. Recuperação do nitrogênio ( $^{15}\text{N}$ ) da uréia e da palhada por soqueira de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.621-630, 2003.

KÖPPEN, W., GEIGER, R. KLIMATE DER ERDE. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. **Wall-map**.

MALAVOLTA, E., VITTI, G. C., OLIVEIRA, S. A . Piracicaba, **Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fósforo**, 201p, 1989.

MEIER, E.A., THORBURN, P.J., WEGENER, M.K., BASFORD, K.E. The availability of nitrogen from sugarcane trash on contrasting soils in the wet tropics of North Queensland. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**. v.75, p.101-114, 2006.

NG KEE KWONG, K.F., DEVILLE, J., CAVALOT, P.C., RIVIERE, V. Value of cane trash in nitrogen nutrition of sugarcane. **Plant and Soil**, v.102, p.79-83, 1987.

OLIVEIRA, A. R. DE; BRAGA, M. B., SANTOS, B. L. S. Produção de biomassa de cana-de-açúcar no Vale do São Francisco. **Energia na Agricultura**, v.29, p.14-21, 2014.

OLIVEIRA, M.W., TRIVELIN, P.C.O, PENATTI, C.P., PICCOLO, M.C. Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de cana-de-açúcar em campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 1999.

R DEVELOPMENT CORE TEAM (2015). **R version 3.2.0: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.

RESENDE, A.S., XAVIER, R.P., OLIVEIRA, O.C., URQUIAGA, S., ALVES, B.J.R.; BODDEY, R.M. Long-term effects of pre-harvest burning and nitrogen and vinasse applications on yield of sugar cane and soil carbon and nitrogen stocks on a plantation in Pernambuco, N.E. Brazil. **Plant Soil**, v.281, p.339-351, 2006.

ROQUE, A.A.O., SOUZA, Z.M., BARBOSA, R.S., SOUZA, G.S. Controle de tráfego agrícola e atributos físicos do solo em área cultivada com cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p.744-750, 2010.



STANFORD, G., FRERE, M.H., SHWANINGER, D.H. Temperature coefficient of soil nitrogen mineralization. **Soil Science**, v.115, p.321-323, 1973.

THORBURN, P.J., MEIER, E.A., COLLINS, K., ROBERTSON, F.A. Changes in soil carbon sequestration, fractionation and soil fertility in response to sugarcane residue retention are sitespecific. **Soil and Tillage Research**. v.120, p.99-111, 2012.

VITTI, A.C., FRANCO, H.C.J., FARONI, C.E., CANTARELLA, H., TRIVELIN, P.C.O. Balanço de massas e de nutrientes da palhada e da rebrota de cana desseca com glifosato. **STAB - Açúcar, Alcool e Subprodutos**, v.25, p.30-33, 2007.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

No estado do Paraná, mais de 70% da cana-de-açúcar é cultivada em solos derivados da toposequência do Arenito Caiuá, ou seja, em Latossolo, Argissolo e Neossolo Quartzarênico. Estes solos são caracterizados por apresentarem, em função da sua origem, baixa fertilidade natural, baixo teor de matéria orgânica, baixa CTC, argila de baixa atividade, granulométrica arenosa, alta susceptibilidade à erosão, baixa capacidade de retenção de umidade, etc.

Em função destes atributos do solo, a cultura da cana-de-açúcar apresenta altas produtividades e longevidade, necessita de grande disponibilidade de nutrientes, principalmente, de nitrogênio e de potássio. Assim, em solos derivados do Arenito Caiuá é esperado que estes nutrientes atuem como fatores limitantes de produtividade e de longevidade dos canaviais.

Conforme ficou demonstrado nesse trabalho, as doses de N e K utilizadas influenciam na produtividade e, conseqüentemente, podem contribuir para uma maior ou menor longevidade dos canaviais.

Outro aspecto a ser destacado, está relacionado ao impacto da colheita mecanizada, que no Paraná, por ter um regime pluviométrico bastante favorável ao desenvolvimento da cana-de-açúcar, apresenta um ambiente mais propício à compactação pelo tráfego da colheita. Apesar de ser uma prática relativamente nova no setor, nos últimos 4 a 5 anos, vem provocando alterações significativas na resistência à penetração das raízes, restringindo o crescimento das raízes da cana-de-açúcar e afetando a produtividade.

Em função do impacto negativo da colheita mecanizada no desenvolvimento da cultura, foi introduzido em larga escala nos últimos três anos, uma nova opção de preparo de solo profundo e canterizado, um implemento que canteriza uma faixa de 1,0 metro, com uma enxada rotativa revolvendo uma camada de 0,40 metros e uma haste central de 1,0 metro para subsolar até uma profundidade de 0,80 metros do solo, este equipamento é denominado popularmente de Penta.

Nesse novo cenário com a consolidação da colheita mecanizada, a permanência da palhada sobre o solo, houve uma diminuição do impacto e do escoamento das águas de chuva, minimizando a erosão nos talhões. Portanto, se faz necessário estudos para definir a contribuição da palhada sobre a disponibilidade dos

nutrientes, em especial em relação ao nitrogênio e ao potássio, nas condições ambientais do Paraná.

Dentro deste novo cenário com a colheita mecanizada, ficou viável a colheita da cana-de-açúcar sem a queima, possibilitando a permanência da palhada sobre o solo, diminuindo o impacto e o escoamento das águas de chuva minimizando a erosão nos talhões. Neste novo ambiente de produção, também se faz necessário estudos para definir a contribuição da palhada sobre a disponibilidade dos nutrientes, em especial em relação ao nitrogênio e ao potássio, nas condições ambientais do Paraná.

Portanto, se fez dois experimentos, em cana soca, chamados de experimento I, com preparo de solo profundo e canterizado e o experimento II, com preparo convencional, em dois locais ( Nova Esperança e Colorado ), no Estado do Paraná, com a variedade RB867515, na mesma classe de solo (Latosolo Vermelho álico), com e sem palha e com a combinação de cinco doses de nitrogênio e potássio.

Os dois experimentos foram instalados em setembro de 2013 e colhidos em setembro de 2014. Com relação à questão ambiental as temperaturas médias deste ano foram iguais e elevadas, variando em Nova Esperança de 17,8° a mínima a 31,7° a máxima e em Colorado de 17,4° a 30,9°, com média de ano de 24,8° e 24,2°, respectivamente.

Com relação às precipitações em Nova Esperança foi de 1891,4 mm, sendo 283 mm em março e em agosto o acumulado foi de 58 mm, sem nenhum déficit hídrico aparente. Já em Colorado a precipitação durante o ciclo foi de 1565,4 mm, com média de 193 mm em março e 36 mm em agosto. Pode-se observar que houve uma diferença entre locais na média anual de 326 mm, e na condição química e física de solo, o que deve ter influenciado a diferença de produtividade entre os experimentos.

Pode-se observar que a manutenção da palhada sobre o solo após a colheita da cana crua conduz a alterações positivas nos atributos edáficos, promovendo a adição de nutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio ao solo, melhorando sua qualidade. Porém, os resultados experimentais indicam que as alterações positivas não surgem em curto prazo, mas ao longo do tempo.

A degradação da palha foi influenciada diretamente pelo aumento da temperatura e incidência da precipitação pluviométrica, foi observado que no sistema de solo profundo e canterizado, a degradação da palhada é mais acentuada que no

sistema de preparo de solo convencional, sendo que esta resposta pode estar associada ao fato de que o sistema penta esteja se reestruturando pois o mesmo recebeu um grande revolvimento das camadas.

No sistema de preparo de solo convencional, em relação ao sistema de preparo de solo profundo e canterizado, teve uma maior decomposição da palhada e também uma maior disponibilidade dos nutrientes analisados, como o nitrogênio, fosforo, potássio, cálcio, magnésio, contidos na palhada.

Nos sistemas de preparo de solo profundo e canterizado e convencional os caracteres massa de um colmo (M1C), o teor foliar de nitrogênio (TFN) e o teor foliar de potássio (TFK) obtiveram diferença significativa quanto ao manejo da palhada, sendo que a presença da palha proporcionou os melhores resultados. Também houve diferença significativa entre as doses N e de K utilizadas para a tonelada de cana por hectare (TCH) sendo que houve interação significativa entre esses fatores no sistema convencional, já no sistema de solo profundo e canterizado não houve interação significativa entre N e K, indicando que neste sistema de preparo de solo, estes nutrientes atuam de forma independente.

Nos sistemas de preparo de solo, o componente massa de um colmo (M1C), a presença ou ausência da palha teve influência sobre este fator, sendo que a presença da palha proporcionou os melhores resultados.

No sistema de preparo de solo profundo e canterizado, a presença ou ausência da palha não teve efeito sob o caractere NCM, no entanto houve diferença significativa entre as doses de nitrogênio.

A adubação nitrogenada em soqueiras proporcionou aumentos na produtividade agrícola (TCH) e agroindustrial (TPH). Os rendimentos máximos foram observados para as doses de  $180 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, as quais estão muito acima da dose média ( $100 \text{ kg N ha}^{-1}$ ) utilizada usualmente nas áreas onde os experimentos foram conduzidos.

A adubação potássica em soqueiras proporcionou aumentos na produtividade agrícola (TCH) e agroindustrial (TPH). No sistema de preparo de solo profundo e canterizado, os rendimentos máximos foram observados para a dose de  $179,69 \text{ kg ha}^{-1}$  de K proporcionando o maior TCH. No sistema de preparo de solo convencional, os rendimentos máximos foram observados para a dose de  $94,18 \text{ kg ha}^{-1}$  K proporcionando o maior TCH.

Os resultados desse trabalho mostraram que a fertilização com nitrogênio e potássio, com e sem palha, realizada na primavera, deve ser repensada e estudada caso a caso, incluindo o sistema de manejo de preparo do solo, pois estes fatores influenciam os resultados.

Deve-se dar continuidade a estes experimentos para avaliar mais cuidadosamente a degradação da palhada, quando a cana-de-açúcar for colhida nas épocas de outono e inverno, em que no Estado do Paraná, as precipitações são menores e devem influenciar a degradação da palhada e com certeza a disponibilidade dos nutrientes, bem como, as doses de nitrogênio e potássio a serem aplicadas.

Não deve-se esperar mudanças significativas do acréscimo da palhada na recuperação do Ambiente de Produção, nas áreas de cana-de-açúcar cultivadas no arenito, porém, com certeza será muito melhor este sistema de colheita de cana crua, que o anterior, com queima, se imaginarmos que esta cultura deva ser produzida no Paraná, nos próximos 200 anos.